МЕТОДЫ И МОДЕЛИ АСПР

ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

ЭКОНОМИКА

МЕТОДЫ И МОДЕЛИ АСПР

ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Под редакцией д.э.н., проф.
В.Б.Безрукова,
к.э.н., доц. Т.К.Кравченко

МОСКВА ЭКОНОМИКА 1989

ББК 65.9 (2) 23
М54

Редактор **Ф.П.Дорохов**

Рецензент: академик Академии наук СССР **С.С.Шаталин**

М $\frac{0605010202 - 216}{011\,(01) - 89}$ **КБ–3–106–89**

ISBN 5–282–00674–X

© Издательство "Экономика", 1989

ВВЕДЕНИЕ

Для перестройки управления на основе современных методов и средств обработки информации требуется перестройка научно-технической и информационной базы управления, его технологии и организации. Содержание, последовательность и формы такой перестройки нуждаются в глубоком теоретическом обосновании и осуществлении тщательно продуманных мероприятий – как организационно-технических, так и связанных с подготовкой, переподготовкой и повышением квалификации кадров работников управления.

Все эти мероприятия должны иметь четкую конечную цель, быть увязаны между собой и эшелонированы во времени, подкреплены ресурсами и осуществляться по общему плану под руководством и контролем единого центра. Конкретная форма реализации такого подхода проявилась в проектировании и внедрении автоматизированных систем управления.

В настоящей монографии рассматривается и научно обобщается опыт разработки и развития одной из важнейших автоматизированных систем управления, а именно автоматизированной системы плановых расчетов (АСПР), которая создается в Госплане СССР, госпланах союзных республик, местных плановых органах с 1972 года и представляет собой систему разработки государственных планов и контроля за их выполнением в условиях развитого применения экономико-математических методов и электронно-вычислительной техники с соответствующей технологией, организацией работ и кадрами.

В 1977 году была принята в эксплуатацию первая очередь АСПР. Подготовленный в ее составе эскизный проект системы и технические проекты функциональных подсистем отразили актуальные цели совершенствования планирования и наметили реальные пути их достижения. Выраженная в этих документах концепция АСПР вобрала в себя положительный опыт практики планирования и новейшие достижения планово-экономической теории, математики, вычислительной техники, кибернетики. Вместе с этим в рамках первой очереди АСПР было освоено на практике более 3000 различных планово-экономических задач, решаемых с использованием математических методов и ЭВМ в Госплане СССР и госпланах союзных республик.

В последующие годы десятой и в течение одиннадцатой пятилетки широким фронтом развернулись работы по оснащению плановых органов и их вычислительных центров ЭВМ третьего поколения с развитым периферийным оборудованием и мини-ЭВМ отечественного производства,

расширению использования на практике экономико-математических методов и моделей, совершенствованию информационной базы и технологии плановых расчетов, переподготовке кадров плановых работников с учетом требований работы в условиях функционирования АСПР. В результате к концу одиннадцатой пятилетки в Госплане СССР, госпланах союзных республик, горпланах Москвы и Ленинграда при подготовке проектов государственных планов с применением современных методов плановых расчетов и средств обработки информации решалось уже около 30000 планово-экономических задач, охватывающих большинство разделов текущих и перспективных планов. При этом многие из этих задач объединены в интегрированные комплексы плановых расчетов групп взаимосвязанных плановых показателей, отдельных разделов планов, основных показателей годовых и пятилетних планов. В рамках таких комплексов согласованно решаются методологические, информационно-вычислительные и организационные проблемы планирования, обеспечивается эффективное использование ЭВМ и всего комплекса технических средств АСПР.

Таким образом, методы и средства АСПР сегодня уже прочно вошли в технологию планирования, способствуя повышению научной обоснованности, комплексности, сбалансированности плановых проектировок и оптимизации плановых решений. Однако жизнь не стоит на месте. В соответствии с постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР "О перестройке планирования и повышении роли Госплана СССР в новых условиях хозяйствования" (июль 1987 года) перед плановиками ставятся все более сложные и ответственные задачи, связанные с решительным переходом от преимущественно административных к преимущественно экономическим методам хозяйствования. Вместе с тем развитие экономической кибернетики, математики, вычислительной техники и средств связи открывает и новые возможности их решения. Для того чтобы наиболее полно использовать эти возможности в процессе дальнейшего развития АСПР, необходимо обобщить накопленный опыт проектирования и внедрения системы и с учетом имеющегося научного задела обосновать направления и пути решения диктуемых временем актуальных задач перестройки планирования.

Именно под этим углом зрения в настоящей монографии и рассматриваются вопросы использования экономико-математических методов и моделей в практике народнохозяйственного планирования в условиях функционирования АСПР. При этом дается характеристика основных видов экономико-математических моделей, предназначенных для обоснования плановых решений на народнохозяйственном уровне, освещается опыт практического их использования, обсуждаются возможности использования в практике планирования некоторых новых направлений экономико-математического моделирования.

Монография предназначена прежде всего для работников плановых органов, в которых внедряется АСПР, и специалистов вычислительных центров, научно-исследовательских и проектных институтов Госплана

СССР, госпланов союзных республик, министерств и ведомств, АН СССР, которые участвуют в проектировании этой системы. Поскольку в решениях XXVII съезда КПСС поставлена задача обеспечения взаимодействия АСПР с отраслевыми и ведомственными АСУ, ознакомление с монографией будет полезным разработчикам и пользователям различных автоматизированных систем управления (АСУП, ОАСУ, АСГС, АСФР, АСУ МТС и др.). Ее материалы могут быть также использованы в учебном процессе на курсах и в институтах повышения квалификации работников Госплана СССР, госпланов союзных республик, министерств и ведомств, а также в экономических вузах и на экономических факультетах.

Монография подготовлена авторским коллективом, руководители – д.э.н., проф. Безруков В.Б., к.э.н., доц. Кравченко Т.К. Отдельные главы и разделы написаны следующими авторами: введение – д.э.н., проф. Безруков В.Б., к.э.н., доц. Кравченко Т.К.; разд. 1.1, 1.2 – д.э.н., проф. Безруков В.Б., разд. 1.3 – к.э.н., доц. Мацнев Д.А.; разд. 1.4 – д.э.н., проф. Уринсон Я.М., гл. 2 – д.э.н., проф. Безруков В.Б., к.э.н. Шаповальянц А.Г.; разд. 3.1 – 3.2 – к.э.н., доц. Кравченко Т.К.; разд. 3.3 – к.ф.-м.н. Константинов В.М.; гл. 4 – д.э.н., проф. Уринсон Я.М. (разд. 4.4 – д.э.н., проф. Уринсон Я.М., к.э.н., доц. Мацнев Д.А.); гл. 5 – к.э.н. Тихомиров Б.И., к.э.н. Истомин Л.И.; гл. 6 – к.э.н., доц. Кравченко Т.К.; гл. 7 – к.э.н. Салтыков Б.Г.

Глава 1

СОЗДАНИЕ И РАЗВИТИЕ АСПР

1.1. ИТОГИ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ АСПР

Повышение научного уровня планирования, усиление его воздействия на ускорение социально-экономического развития страны связано с расширением круга проблем, решаемых при разработке государственных планов, увеличением объема работ и расчетов. В этих условиях качественная и своевременная подготовка планов не может быть обеспечена на основе сложившихся методов и технологии планирования, его технической базы. Одним из основных путей их дальнейшего развития является создание автоматизированных систем, позволяющих за счет использования экономико-математических методов и вычислительной техники повысить качество планирования и управления.

Необходимые предпосылки решения этой задачи сложились в нашей стране в 60-е гг. Было создано и экспериментально проверено большое число экономико-математических моделей, что обусловливалось потребностью практики планирования в эффективных методах оптимизации, обоснования и принятия плановых решений. В этот период на основе применения математических методов и электронной вычислительной техники были построены первые отчетные и плановые межотраслевые балансы, решены отдельные задачи оптимизации развития и размещения производства и др.

Эти первые успехи имели, однако, и негативную сторону: они породили веру в быстроту и легкость превращения потенциальной возможности массового применения моделей в планировании в действительность. Между тем от лабораторного опыта до промышленной технологии, от опытного образца до его серийного производства – весьма длинная дистанция, прохождение которой в ряде случаев требует существенного уточнения проверенного в лаборатории варианта модели, преодоления так называемого психологического барьера, создания необходимых организационно-экономических предпосылок для широкого использования новшества в практике планирования. Не случайно поэтому попытки тиражирования даже хорошо зарекомендовавших себя в эксперименте опытных образцов моделей, не подкрепленные комплексом работ по их эффективному внедрению, не принесли желаемых результатов.

Опыт показал, что для широкого внедрения современных методов и средств обработки информации в практику планирования требуются коренная перестройка его методической и информационной основы, создание современной технической базы, а также переподготовка и повышение квалификации плановых работников.

Такой подход был реализован путем проектирования и внедрения автоматизированной системы плановых расчетов (АСПР) Госплана СССР, госпланов союзных республик, местных плановых органов.

Автоматизированная система плановых расчетов предназначена для проведения в заданный срок многовариантных расчетов проектов государственных планов в составе единой системы планов с комплексной увязкой каждого варианта и оптимизацией плановых решений и включает все плановые расчеты и решения, систему моделей, алгоритмов и программ на ЭВМ, информацию и документооборот, а также средства вычислительной техники, оргтехники и связи, используемые при разработке планов.

Система объединяет процессы разработки планов и контроля их выполнения на народнохозяйственном, межотраслевом и территориальном уровнях.

В АСПР исходным и определяющим элементом выступает методология социалистического планирования. Вместе с тем методы и технология планирования, используемая информация находятся под прямым воздействием используемой плановыми органами вычислительной и организационной техники. Поэтому *построение АСПР следует рассматривать не как создание некой принципиально новой системы, заменяющей существующую, а как непрерывное совершенствование действующей системы планирования путем комплексного развития ее методической базы и информационно-технической основы.*

Внутренняя структура АСПР определяется функциональной структурой Государственного плана экономического и социального развития СССР, логикой и последовательностью его составления, а также набором методов и средств, используемых в процессе разработки плана. Во внутренней структуре АСПР выделяются следующие иерархически связанные компоненты: система, межподсистемный комплекс, подсистема, комплекс задач, задача (расчет).

Подсистемы АСПР подразделяются на следующие два вида: функциональные подсистемы, осуществляющие решение задач, подготовку и формирование разделов Государственного плана экономического и социального развития СССР; обеспечивающие подсистемы, создающие условия и средства для работы функциональных подсистем и объединяющие их в единую систему с взаимоувязанной структурой, технологией и организацией работ.

Функциональные подсистемы АСПР подразделяются следующим образом: подсистема "Сводный народнохозяйственный план"; сводные подсистемы (сводные ресурсно-балансовые, сводно-функциональные); комплексные отраслевые подсистемы (отраслевые комплексы); отраслевые подсистемы.

Для объединения всех функциональных подсистем в целую систему в АСПР выделяются следующие обеспечивающие подсистемы: методического, информационного, математического, технического, технологического, кадрового, организационно-правового обеспечения, подсистема управления процессом разработки государственного плана.

В методическом аспекте АСПР должна отражать развитие системы планов, включающих разработку Концепции и Основных направлений экономического и социального развития СССР на пятнадцатилетний период, пятилетнего плана (с разбивкой по годам) в условиях действия Закона СССР о государственном предприятии (объединении), включающего исходные данные для формирования пятилетних планов на всех уровнях планирования: контрольные цифры, государственные заказы, долговременные экономические нормативы и лимиты; совершенствование методов всестороннего экономического анализа хода выполнения заданий пятилетнего плана за предшествующий период и формирование мер для обеспечения его выполнения; создание единой системы балансовых расчетов, обеспечивающих увязку натурально-вещественных и финансово-стоимостных аспектов расширенного воспроизводства.

АСПР призвана обеспечить перестройку методов планирования научно-технического прогресса, инвестиций, развитие социальной сферы, территориального планирования, внешнеэкономических связей, активно использовать методы оптимизации для целей планирования развития межотраслевых комплексов, а также имитационные методы для решения задач, связанных с дальнейшим отлаживанием хозяйственного механизма.

Как информационная система АСПР должна обеспечить автоматизацию сбора, хранения, обновления, поиска и выдачи информации, используемой в процессе разработки государственных планов и контроля за их выполнением. Это позволяет значительно повысить оперативность и качество плановых расчетов, создает условия для их интеграции; удовлетворять дополнительные потребности в информации специалистов плановых органов.

Как вычислительная система АСПР дает возможность существенно ускорить процедуры обработки данных, что позволяет снизить трудоемкость выполнения плановых расчетов, повысить их точность и надежность, увеличить вариантность расчетов в процессе разработки плана.

Создание АСПР, уникальной по масштабу и сложности системы, связано с решением широкого круга взаимоувязанных проблем. При этом отсутствие на начальном этапе опыта проектирования и внедрения подобных систем как у нас в стране, так и за рубежом обусловливало важность глубокой проработки организационных основ создания АСПР.

Построение АСПР осуществляется в определенной последовательности, включающей стадии научного обоснования, предпроектного анализа, непосредственного проектирования и внедрения системы.

Однако для АСПР трудно провести границу между проектированием и внедрением. По существу процесс проектирования АСПР есть одновременно и процесс преобразования действующей системы планирования путем поэтапного внедрения в практику разработки государственных планов экономико-математических методов и электронно-вычислительной техники.

Вследствие динамичности объекта планирования — социалистической экономики — и адекватного развития теории и практики разработки государственных планов, а также вследствие развития методов и средств обработки информации нельзя спроектировать и внедрить АСПР как законченную систему. Следовательно, порядок создания АСПР должен обеспечить не только непрерывный процесс разработки ее элементов, но и непрерывный характер их внедрения и эксплуатации. Поэтому последовательность создания АСПР в том виде, в котором она сложилась в результате накопленного опыта, увязывает понятия этапа создания системы и очередей ее внедрения.

Этапы создания АСПР определяются переходом системы планирования в целом на качественно новый уровень и связаны с существенными изменениями в методике и технологии разработки государственных планов и контроля за их выполнением за счет применения экономико-математических методов, моделей, использования вычислительной техники и совершенствования на этой основе методики, технологии и организации планирования.

Иное содержание вкладывается в понятие очереди внедрения АСПР, которая представляет собой разработанную за определенный период (пятилетку) и принятую в эксплуатацию часть системы, обеспеченную общесистемными методами и средствами и укомплектованную проектной, приемосдаточной и эксплуатационной документацией.

В настоящее время сформированы и обоснованы два этапа создания АСПР.

Первый этап (автоматизация плановых расчетов) характеризуется повышением степени сбалансированности и комплексности планирования за счет расширения круга разрабатываемых с использованием ЭВМ балансов материальных, трудовых и финансовых ресурсов, производственных мощностей и капитальных вложений; широким использованием в плановых расчетах системы формируемых на ЭВМ научно обоснованных норм и нормативов; созданием внутри- и межподсистемных комплексов планово-экономических задач; обеспечением многовариантной проработки плановых проектировок и оптимизации плановых решений; освобождением (в основном) плановых работников от ручных расчетов и оформления их результатов; созданием условий для оперативного выполнения расчетов к проектам текущих и перспективных планов в соответствии с установленными порядком и сроками; отработкой элементов взаимодействия с АСУ министерств, ведомств, союзных республик.

Второй этап (интеграция плановых расчетов) в свете сегодняшних представлений о будущем системы характеризуется созданием единой автоматизированной технологии планирования на основе системного использования современных методов и средств обработки данных в целях повышения научной обоснованности и эффективности плановых решений путем интеграции технологических процессов разработки межотраслевых, функциональных и сводных разделов плана в рамках АСПР и организации взаимодействия АСПР с АСУ министерств и ведомств, республиканскими АСУ.

В конечном счете уровень развития АСПР на каждом этапе создания зависит от степени развития методов планирования, способов работы с крупными массивами экономической информации, программно-математических средств, используемых для решения комплексов плановых задач, качества технической базы планирования.

Госплан СССР и госпланы союзных республик приступили к разработке АСПР около 20 лет назад. За эти годы был выполнен большой объем научно-исследовательских и проектных работ. Важнейшей среди них была разработка теоретической и проектной базы системы. Сюда вошли технические задания на создание АСПР в целом, ее функциональных и обеспечивающих подсистем. В них осуществлен анализ традиционной технологии составления проектов плана и сформулированы основные цели и задачи ее совершенствования в условиях широкого применения экономико-математических методов и средств электронно-вычислительной техники.

На этой основе был разработан и одобрен эскизный проект АСПР, подготовлены и утверждены технические проекты функциональных подсистем. В этих документах приведена технологическая схема планового процесса, отражающая логику и последовательность разработки проектов государственных планов и анализа хода их выполнения, а также в общем виде осуществлена ее увязка со схемами функционирования ОАСУ министерств и ведомств, взаимодействующих с АСПР в ходе разработки планов.

Разработка схем и их описание осуществлены исходя из требований по совершенствованию планирования в целях создания взаимоувязанной во всех своих частях системы государственных планов разной продолжительности (пятнадцатилетний и пятилетний). Увязка этих планов достигается разбивкой пятнадцатилетнего плана по пятилеткам, а пятилетнего по годам, причем разработка соответствующих планов сдвинута относительно друг друга. Так, вначале формируются во взаимосвязи с Комплексной программой научно-технического прогресса СССР на 20 лет и Генеральной схемой развития и размещения производительных сил СССР Концепция и Основные направления экономического и социального развития СССР на пятнадцатилетний период, затем – пятилетний план в разбивке по годам на первую пятилетку долгосрочной перспективы.

В эскизном проекте предполагалось, что вслед за пятилетним разрабатываются годовые планы на первый, а затем и последующие годы пятилетки. Как известно, в соответствии с Постановлением ЦК КПСС и СМ СССР (июль 1987 г.) по совершенствованию планирования начиная с очередной (XIII) пятилетки годовые планы как отдельные плановые документы в Госплане СССР и госпланах союзных республик разрабатываться не будут. На основе заданий пятилетнего плана на данный год будут уточняться централизованно составляемые материальные балансы, а также объемы подрядных работ. Вместе с тем будет осуществляться углубленный анализ состояния экономики и хода выполнения пятилетнего плана, результаты которого в виде специального доклада должны представляться в директивные органы. Для осуществления необходимых разработок предусматривается создание соответствующих средств в АСПР.

В схемах планового процесса нашли отражение конкретные результаты научных исследований в области совершенствования методов перспективного и текущего планирования. В рамках эскизного проекта были также рассмотрены и решены в комплексе принципиальные вопросы создания информационного, технического, математического, технологического, кадрового и организационно-правового обеспечения, управления процессом разработки государственных планов и контроля за ходом их выполнения.

Теоретическая база АСПР должна постоянно развиваться в соответствии с целями и задачами совершенствования планирования и управления, а также с учетом конкретных результатов научного исследования методов планирования. Так, в период создания второй очереди (1981–1985 гг.) теоретическая база АСПР была значительно расширена и дополнена, что нашло свое отражение в технорабочем проекте этой очереди АСПР, в концептуальном материале, характеризующем Основные направления развития АСПР на 1986–1990 гг. и на перспективу до 2000 г., в развернутом задании на развитие АСПР в двенадцатой пятилетке и в других научно-методических и проектных документах.

Была проведена большая работа по организации проектирования и внедрения АСПР. В настоящее время в разработке АСПР принимают участие большое число научно-исследовательских и проектных организаций Госплана СССР, госпланов союзных республик, министерств, ведомств и Академии наук СССР. Деятельность этих организаций регламентируется в настоящее время координационным планом работ, утверждаемым на пятилетний период в установленном порядке. В нем определяются перечень основных заданий по развитию АСПР и сроки их реализации в данном периоде, а также выделяются необходимые для этих целей финансовые ресурсы. На основе плана организациями-соисполнителями разрабатываются рабочие программы, в которых основные задания разрабатываются на конкретные задачи с указанием исполнителя работ и сроков внедрения. Рабочие программы и предложения госпланов союзных республик, местных плановых органов по

внедрению АСПР служат основой для подготовки и утверждения годовых планов внедрения АСПР. С целью обеспечения единства формирования всей системы плановых документов разработаны соответствующие методические материалы, определяющие порядок, формы и сроки их представления в головную организацию для последующего рассмотрения, обобщения и утверждения в установленном порядке. В Госплане СССР, госпланах союзных республик созданы рабочие группы, на которых возложена ответственность за оперативное руководство проектированием и организацию внедрения функциональных подсистем АСПР.

С целью повышения персональной ответственности за качество проектирования АСПР в целом и ее подсистем назначен главный руководитель работ по созданию АСПР, утвержден состав его заместителей и ведущих руководителей работ по проектированию и развитию функциональных подсистем. Для координации работ по созданию АСПР на республиканском уровне были утверждены головные союзные республики, которые отвечали за комплексное проектирование для республик с областным делением (Украинская ССР), без областного деления (Литовская ССР) и за комплексное решение проблем взаимодействия АСПР с ОАСУ министерств и ведомств на республиканском уровне (Латвийская ССР), был сформирован состав ведущих руководителей работ по созданию АСПР на республиканском уровне, а также межреспубликанских рабочих групп по функциональным подсистемам.

За прошедший период была проделана большая работа по развитию информационного, математического, технического, кадрового и других видов обеспечивающих средств АСПР. Так, созданы и поэтапно внедряются общесоюзные классификаторы отраслей народного хозяйства, промышленной и сельскохозяйственной продукции, учреждений и организаций, работ и услуг, технико-экономических показателей, общесистемные классификаторы и целевые номенклатуры АСПР. В вычислительных центрах и плановых органах функционируют централизованные информационные фонды числовой и словарной информации, с помощью которых осуществляется ввод, накопление, хранение и обновление информации. Поэтапно создаются и развиваются для этих целей средства формализованного описания данных.

В рамках общесистемного математического обеспечения АСПР эксплуатируются и развиваются различные версии операционной системы (ОС) ЕС ЭВМ, используются программные средства, расширяющие возможности ОС: система разделения времени, система учета ресурсов ЕС ЭВМ, система ведения архива модулей и т.д. Разработаны и внедряются математические средства, обеспечивающие функционирование информационного фонда: система ввода информации СПД–ОКА и "Документ ОС/ЕС", комплекс программ преобразования форм, генератор программ внутридокументального логического контроля, терминальная информационная система ТИС–ЕС, пакеты прикладных программ для построения информационно-поисковых систем "УНИБАД" и ряд других.

К 1983 году практически завершен переход технической базы АСПР на ЕС ЭВМ, освоено серийное производство отечественной мини-ЭВМ "Искра-226", которая может рассматриваться в качестве интеллектуального терминала к ЕС ЭВМ, и начато оснащение этими машинами отделов плановых органов, проводится оснащение вычислительных центров современными системами подготовки данных терминальными станциями, аппаратурой передачи данных и т.д.

Все это позволило автоматизировать процессы подготовки исходных данных, накапливать и актуализировать планово-экономическую информацию в централизованном информационном и локальных фондах в условиях многомашинной системы обработки данных и взаимодействия центральных ЭВМ с мини-ЭВМ, оказывать пользователю – плановому работнику – определенный набор услуг при его работе с данными в процессе решения планово-экономических задач, в том числе с использованием видеотерминалов, получать планово-экономическую информацию от АСУ министерств и ведомств на магнитных лентах.

Выполнена большая работа по подготовке и переподготовке кадров. Так, на Высших экономических курсах при Госплане СССР проходят обучение плановые работники Госплана СССР и госпланов союзных республик, разработчики АСПР, выпускаются методические пособия и т.д.

Эффективность создания АСПР во многом определяется разработкой и внедрением планово-экономических задач, которые решаются с применением средств электронно-вычислительной техники. В настоящее время в Госплане СССР, госпланах союзных республик эксплуатируются несколько десятков тысяч задач, которые непосредственно используются при разработке практически всех разделов государственных планов. Характерной особенностью этих задач является то, что они реализованы с применением общесистемных обеспечивающих средств и ориентированы на их последующее объединение в комплексы. В их числе разрабатываются:

интегрированный комплекс балансовых расчетов для осуществления прогнозных, аналитических и плановых расчетов в целях многовариантного обоснования и взаимной увязки сводно-экономических показателей, показателей комплексных целевых программ, показателей развития межотраслевых и территориально-производственных комплексов (в режиме долгосрочного планирования);

центральный комплекс задач (ЦКЗ) для обоснования важнейших показателей экономического и социального развития СССР и решения узловых проблем их сбалансированности (в режиме пятилетнего планирования);

информационно-вычислительный комплекс расчетов показателей планов производства, капитального строительства и их обеспечения материально-техническими ресурсами на основе единой нормативной базы (в режиме текущего планирования);

комплекс расчетов по контролю за ходом выполнения плановых заданий, вовлечению в хозяйственный оборот выявленных резервов и возможностей.

Основу интегрированного комплекса балансовых расчетов в режиме долгосрочного планирования составляют прогнозы предположительной численности населения. В настоящее время эти прогнозы определяют исходную точку для формирования системы социально-демографических расчетов в их логической последовательности и взаимосвязи. Так, с помощью демографических прогнозов на долгосрочный период обосновываются плановые показатели по трудовым ресурсам страны, их распределению и рациональному использованию. С учетом состава населения по полу и возрасту прогнозируются число семей и их структура, что необходимо для социального планирования и обоснования показателей уровня жизни народа. Сведения о численности детей используются для плановых расчетов численности учащихся и количества классов общеобразовательных школ. В свою очередь данные по общеобразовательным школам (выпуск учащихся из 8-х и 10-х классов) и формируемый на ЭВМ баланс труда молодежи служат для обоснования плана приема и подготовки квалифицированных рабочих и специалистов в ПТУ, техникумах, вузах. Предположительная численность населения учитывается также при определении на ЭВМ показателей развития системы здравоохранения, культуры, жилищного строительства и др. С использованием этого комплекса в 1987 году осуществлялись вариантные расчеты Концепции экономического и социального развития СССР на период до 2005 года.

В ходе проектирования центрального комплекса задач (ЦКЗ) разработаны технология и методы совместного решения 254 плановых задач в рамках сводных и отраслевых подсистем АСПР Госплана СССР. ЦКЗ охватывает расчеты баланса народного хозяйства, межотраслевых балансов, материальных балансов важнейших видов продукции, балансов основных фондов, производственных мощностей и капитальных вложений, баланса трудовых ресурсов, показателей уровня жизни, розничного товарооборота и его товарного обеспечения, внешней торговли, финансово-экономических показателей и показателей отраслевых планов производства, а также их обеспечения материальными, трудовыми и финансовыми ресурсами.

Внедрение ЦКЗ открывает принципиально новую возможность для многовариантного обоснования ключевых показателей и оптимизации важнейших плановых решений, поскольку наличие связей между задачами комплекса позволяет в реальном масштабе времени оценивать влияние изменений какого-либо баланса, показателя или планового задания на плановые темпы и пропорции развития народного хозяйства. ЦКЗ позволяет на начальной стадии работы над пятилетним планом исходя из концепции социально-экономического развития в долгосрочной перспективе и с учетом тенденций научно-технического прогресса определить на данную пятилетку предварительную гипотезу развития народного хозяйства. Ее показатели далее используются как исходные для решения задач, связанных с расчетами сводно-функциональных и отраслевых разделов плана, а также для формирования на этой основе

предложений к проекту плана. Эти предложения обрабатываются затем с помощью следующей группы задач комплекса, в процессе решения которых достигается согласованность показателей различных разделов плана между собой и обеспечивается их соответствие социально-экономическим целям планового периода. Завершается функционирование ЦКЗ формированием с помощью ЭВМ установленных выходных форм плановой документации.

Этот комплекс задач широко использовался плановыми органами в 1984 – 1985 гг. при разработке Основных направлений экономического и социального развития СССР на 1986 – 1990 годы и на период до 2000 года, а затем XII пятилетнего плана.

В целях обоснования мероприятий по реализации принятых плановых заданий осуществляется разработка комплекса задач по контролю за ходом выполнения государственных планов. Его реализация в полном объеме позволит анализировать отчетные данные, осуществлять краткосрочные прогнозы выполнения плана, определять возможные отклонения от предусмотренных планом показателей и их народнохозяйственные последствия. В одиннадцатой пятилетке осуществлялась отработка взаимодействия АСПР с АСГС Госкомстата СССР в рамках выполнения программы совместных работ в этой области. В процессе выполнения этой программы были решены вопросы организации системного функционирования комплексов взаимоувязанных задач планирования и контроля за ходом выполнения планов на единых методических принципах, а также отработана технология обмена между АСГС и АСПР отчетной информацией на магнитных лентах.

Развитие АСПР республиканского уровня в одиннадцатой пятилетке осуществлялось по следующим основным направлениям: дальнейшее наращивание количества решаемых с применением средств вычислительной техники планово-экономических задач с учетом их объединения в комплексы; развитие внутриподсистемных и создание крупных межподсистемных комплексов планово-экономических задач, включая центральный комплекс задач госплана республики, в целях повышения комплексности проводимых расчетов к проектам планов; обеспечение единого научного и проектного уровня развития АСПР в госпланах союзных республик; обеспечение комплексного развития технологических средств (математических, информационных, технических) в целях создания единой технологии решения планово-экономических задач на совместимой по уровням планирования информационной базе; организация и отработка сопряжения АСПР госпланов союзных республик с АСПР Госплана СССР на основе обмена унифицированными формами планово-экономической информации, представляемыми на машинных носителях в процессе разработки проектов планов; экспериментальная отработка взаимодействия АСПР республиканского уровня с АСУ министерств и ведомств.

Разработка вторых очередей АСПР госпланов союзных республик велась по 40 функциональным подсистемам, в которых созданы внутри-

подсистемные комплексы, охватывающие расчеты основных и сводных показателей по капитальным вложениям, баланса трудовых ресурсов, роста производительности труда, демографии, потребности в материально-технических ресурсах и оборудовании, норм расхода материальных ресурсов на производственные нужды, капитальное строительство, себестоимости и прибыли, экономического и социального развития республики в разрезе городов, районов, областей и регионов, развития сельского хозяйства и непроизводственной сферы.

Таким образом, в результате внедрения в практику работ Госплана СССР и госпланов союзных республик первой, а затем и второй очереди АСПР получена возможность широкого использования современных методов плановых расчетов и средств обработки информации в процессе подготовки государственных планов.

Вместе с тем существующая техническая база плановых расчетов еще не в полной мере отвечает современным требованиям, что сдерживает создание условий для повышения оперативности обработки планово-экономической информации и реализации диалогового режима работы плановика-пользователя с ЭВМ. Нерешенность ряда методических проблем (сопоставимость и сводимость номенклатур, применяемых в разработке различных разделов плана; отсутствие достаточно репрезентативных и апробированных показателей и методов, позволяющих учитывать воздействие научно-технического прогресса и заданий раздела плана по науке и технике на эффективность общественного производства и показатели всех основных разделов плана; недостаточное внимание к обоснованию народнохозяйственной потребности в продукции отрасли и слабое развитие соответствующих отраслевых методик и т.д.) снижала темпы комплексирования планово-экономических задач, не позволяя охватить взаимоувязанными расчетами с использованием методов и средств АСПР все разделы текущих и перспективных планов. Имели место просчеты в организации проектирования системы в связи с переносом в текущей пятилетке центра тяжести с проектных работ на работы по внедрению, эксплуатации и развитию создаваемых средств. Нуждается в улучшении и механизм привлечения институтов системы Госплана СССР и в особенности институтов и проектных организаций министерств и ведомств, АН СССР к решению научных, методических и проектных проблем АСПР.

Однако главное состоит в том, что в настоящее время завершился процесс экстенсивного развития АСПР. Внедрение методов и средств системы в практику планирования на деле показало высокую эффективность использования экономико-математических моделей и электронно-вычислительной техники при разработке государственных планов и контроля за их выполнением.

Оценивая в целом результаты выполненных за прошедший период работ по проектированию и внедрению АСПР, можно констатировать, что применение современных методов плановых расчетов и средств обработки планово-экономической информации стало неотъемлемой

составной частью реальной технологии планирования экономического и социального развития. Благодаря освоению плановыми работниками методов и средств АСПР повысилась степень точности и оперативности плановых расчетов, расширилась сфера использования балансовых методов планирования, существенно возрос объем и улучшилось качество нормативной базы, нашли широкое применение методы многовариантного обоснования плановых проектировок, что способствовало оптимизации плановых решений. Достигнутый уровень разработки и использования методов и средств АСПР свидетельствует о том, что в настоящее время в основном завершен первый из этапов создания системы — этап автоматизации плановых расчетов.

1.2. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ АСПР

В решениях XXVII съезда КПСС, последующих пленумов ЦК определена программа коренной перестройки управления народным хозяйством. В ней ставится целевая задача комплексного развития системы управления и хозяйствования, обеспечивающего органическое единство и взаимодействие планирования, экономических расчетов и стимулов, организационных структур управления. При этом система управления должна быть нацелена на решительный переход к использованию интенсивных факторов развития производства, достижений научно-технического прогресса в целях наиболее полного удовлетворения общественных потребностей. Определяющее значение в решении этой задачи должно сыграть повышение научного уровня планирования, усиление его воздействия на социально-экономическое развитие. Для этого необходимо продолжить укрепление взаимосвязей долгосрочного прогнозирования, перспективного планирования, обеспечив при этом единство отраслевого, территориального и программного планирования, повышение уровня планирования взаимосвязанных отраслей, улучшение планирования комплексного экономического и социального развития территорий, усиление направленности системы плановых показателей на конечные народнохозяйственные результаты.

В соответствии с этим второй этап в создании АСПР характеризуется интеграцией плановых расчетов, на основе которой предусматривается обеспечить совершенствование и повышение эффективности технологии планирования за счет создания единой системы расчетов всех видов планов в межотраслевом, территориальном и программном разрезах, а также организации взаимодействия АСПР с другими автоматизированными системами управления на уровне предприятий, союзных республик, министерств и ведомств.

Эти цели обусловливают основные направления развития АСПР на 1986 — 1990 гг. и на период до 2000 года. Достижение этих целей позволит обеспечить создание единой автоматизированной технологии планирования на основе системного использования современных мето-

дов плановых расчетов и средств обработки данных в целях повышения научной обоснованности, сбалансированности и эффективности плановых решений.

В рамках автоматизированной технологии должны быть обеспечены: оперативный доступ плановых работников ко всей необходимой информации: интерактивный режим работы планового работника как с мини-ЭВМ, персональными компьютерами, так и с ЭВМ коллективного пользования в процессе решения планово-экономических задач; обмен информацией между отраслевыми, балансовыми и сводными отделами при обосновании, согласовании и принятии плановых решений, а также с АСУ министерств и ведомств, территориальными органами управления.

Создание единой автоматизированной технологии планирования — конечная цель развития АСПР на перспективу до 2000 года. Такая технология охватывает технологию разработки государственных планов и анализа хода их выполнения, а также технологию информационного обслуживания плановых работников в процессе выполнения ими текущей оперативной работы.

Автоматизированная технология разработки государственных планов при подготовке Концепции, Основных направлений экономического и социального развития СССР на пятнадцатилетний период, проекта пятилетнего плана в разбивке по годам, анализа хода выполнения плана имеет свои специфические особенности и непосредственно связана с внедрением в практику планирования крупных межподсистемных комплексов плановых расчетов: интегрированного комплекса балансовых расчетов для режима долгосрочного планирования; центрального комплекса задач для режима пятилетнего планирования; комплекса балансовых расчетов плана производства, капитального строительства и их материально-технического обеспечения на единой нормативно-информационной базе; комплекса задач по контролю за ходом выполнения государственных планов. Развитие этих комплексов должно обеспечить усиление воздействия сводного народнохозяйственного планирования на сбалансированное и пропорциональное социально-экономическое развитие страны, формирование прогрессивной структуры общественного производства, эффективность использования производственного и научно-технического потенциала. Проектирование и внедрение межподсистемных комплексов осуществлялись в одиннадцатой пятилетке.

Развитие интегрированного комплекса балансовых расчетов для обоснования показателей экономического и социального развития СССР на долгосрочную перспективу связано прежде всего с формированием научно обоснованных нормативов обеспеченности населения жильем, больницами, школами, детскими садами, клубами и другими объектами непроизводственной сферы, а также социальных нормативов, связанных с внедрением новой техники и технологии, строительством новых и реконструкцией действующих предприятий и производств, улучшением организации и условий труда, осуществлением мероприятий по охране окружающей среды. Эта нормативная инфор-

мация в сочетании с данными о составе населения по полу и возрасту и его структуре служит необходимым основанием формирования целевых показателей, характеризующих возрастающие потребности советского народа.

Важное место в развитии этого комплекса занимает также проблема обоснования спроса населения на товары и услуги. Обычно спрос в основном исследовался в зависимости от доходов населения. Однако для более глубокого изучения проблемы неудовлетворенного спроса целесообразно существенно расширить круг факторов, влияющих на потребление трудящихся.

Еще не полностью решены вопросы, связанные с моделированием развития отраслей непроизводственной сферы, в первую очередь здравоохранения, просвещения, культуры. Пока еще отсутствуют надежные методы более точной оценки воздействия улучшения деятельности отраслей непроизводственной сферы на социально-экономическое развитие.

Для совершенствования центрального комплекса задач важно увязать систему межотраслевых балансов с показателями финансового баланса, а также разработать методы формирования структуры конечного продукта исходя из конкретных целей социально-экономического развития в данном плановом периоде. Не решен вопрос о разработке плановых межотраслевых балансов в территориальном разрезе, что обусловлено в первую очередь отсутствием анализа и обобщения соответствующих статистических межотраслевых балансов, в результате существенно затрудняется создание центрального комплекса задач для автоматизированных систем плановых расчетов госпланов союзных республик. В плановых межотраслевых моделях коэффициенты и нормы расхода ресурсов не всегда достаточно полно и объективно учитывают возможности внедрения достижений научно-технического прогресса, обеспечивающих экономию всех видов производственных ресурсов и их эффективное взаимозамещение.

Нуждается в совершенствовании и классификация отраслей и показателей использования ресурсов в плановых межотраслевых балансах. В динамических межотраслевых балансах пока еще недостаточно точно устанавливаются зависимости между капитальными вложениями, вводом в действие производственных мощностей и основных фондов, в результате подчас неправильно определяются приросты соответствующих видов продукции.

Особого внимания требует поиск направлений органической увязки в процессе планирования натурально-вещественных пропорций, системы цен и экономических нормативов, платежей за использование народнохозяйственных ресурсов, бюджетных ассигнований и формирования фондов экономического стимулирования.

В процессе развития центрального комплекса задач необходимо также обеспечить представление результатов расчетов в виде исходных данных для формирования пятилетних планов: контрольные цифры,

государственные заказы, долговременные экономические нормативы и лимиты.

Информационно-вычислительный комплекс нормативно-балансовых расчетов в режиме текущего планирования должен быть использован для разработки балансов централизованно распределяемых материально-технических ресурсов на соответствующий год для обеспечения выполнения пятилетнего плана. Для этого необходимо обеспечить дальнейшее улучшение системы сбора нормативных данных и упорядочить документооборот между Госпланом СССР, министерствами, ведомствами и госпланами союзных республик.

Особого внимания заслуживает проблема формирования нормативной базы, прежде всего с точки зрения уровня ее научной обоснованности, взаимосвязи с показателями внедрения достижений научно-технического прогресса в народное хозяйство.

Для обоснования мероприятий по реализации принятых плановых заданий осуществляется разработка комплекса задач по анализу хода выполнения государственных планов. Эти задачи решаются во взаимодействии с соответствующими комплексами обработки данных, функционирующими в АСГС Госкомстата СССР. Основной их смысл состоит в накоплении сопоставимой плановой и статистической информации, ее анализе и подготовке на ЭВМ различных справочно-аналитических материалов, характеризующих состояние экономики, ее сфер, подразделений и отраслей в базисном периоде, в оценке ожидаемого выполнения планов и др.

Необходимы исследования применимости экономико-математических моделей для целей краткосрочного (годовое, квартальное, месячное) прогнозирования социально-экономического развития народного хозяйства, анализа причин невыполнения плановых заданий, а также выработки мероприятий для текущего регулирования экономики и оперативного устранения диспропорций в случае их возникновения (например, в снабжении, торговле, работе транспортной системы и т.д.).

Для решения ключевой политической и хозяйственной задачи современного этапа экономического развития – повышения роли науки и техники в качественном преобразовании производительных сил – необходимо, чтобы план по новой технике и технологии стал как бы "несущей конструкцией" всего государственного плана. В двенадцатой пятилетке предусматривается развертывание работ по созданию в рамках АСПР информационно-вычислительного комплекса, обеспечивающего повышение уровня планирования научно-технического прогресса (НТП). При этом должны быть предусмотрены: существенное расширение информационной базы планирования НТП; увязка плановых показателей развития науки и техники, с одной стороны, с Комплексной программой научно-технического прогресса СССР и Комплексной программой научно-технического прогресса стран – членов СЭВ, с другой – с показателями эффективности производства; автоматизация формирования показателей целевых научно-технических программ и контроль за ходом их

выполнения. Кроме того, следует разработать методы увязки показателей плана по новой технике и технологии с показателями, характеризующими рост производительности труда, увеличение фондоотдачи, снижение удельных расходов важнейших видов сырья, материалов, топлива, энергии и т.п.

Дальнейшее повышение благосостояния советского народа, все более полное удовлетворение растущих материальных и духовных потребностей людей неразрывно связаны с решением задачи усиления зависимости уровня жизни народа от результатов труда, повышения стимулирующей роли доходов, распределяемых по труду. Для этого необходимы дальнейшее совершенствование системы оплаты по труду, более тесная ее взаимосвязь с количеством и качеством труда, с ростом ее результативности, достижение полной сбалансированности платежеспособного спроса с массой потребительских товаров и услуг. Решению этой задачи будет способствовать разработка в рамках АСПР межподсистемного комплекса расчетов показателей планов социального развития и повышения уровня жизни народа. Этот комплекс должен охватывать: определение ресурсной части народного потребления и товарного обеспечения розничного товарооборота, обоснования развития сферы услуг, расчеты баланса денежных доходов и расходов населения, показатели развития отраслей непроизводственной сферы и общественных фондов потребления. В процессе формирования данного комплекса расчетов необходимо направить усилия научно-исследовательских организаций на создание модельного инструментария, позволяющего в процессе разработки проектов планов определять структуру рационального потребления, динамику объема и макроструктуру ресурсов для потребления, улучшать структуру непроизводственных капитальных вложений. Вместе с тем нужно оценивать динамику объема личного потребления, нормативных и реальных доходов населения, структуру потребления материальных благ и услуг, а также динамику общественных фондов потребления, рассчитывать плановый дифференцированный баланс доходов и потребления населения. Особое внимание в этой работе следует уделить разработке и формированию системы социально-экономических нормативов.

Решениями XXVII съезда КПСС определена задача дальнейшего совершенствования территориальной структуры общественного производства на основе рационального сочетания экономического и социального развития в каждой союзной республике, каждом регионе и улучшения их взаимодействия во всем народнохозяйственном комплексе страны.

Для реализации этих задач в двенадцатой пятилетке предусмотрена организация разработки в рамках АСПР интегрированного комплекса территориального народнохозяйственного планирования. Введение этого комплекса позволит автоматизировать технологию формирования проектов планов комплексного экономического и социального развития союзных республик, эко-

номических районов и территориальных производственных комплексов, выделяемых в качестве самостоятельных, в государственном плане на основе Комплексной программы научно-технического прогресса и Генеральной схемы развития и размещения производительных сил с учетом рационального использования трудовых, сырьевых и топливно-энергетических ресурсов, кооперирования производства, охраны окружающей среды, роста эффективности хозяйства. В процессе проектирования и внедрения данного комплекса плановых расчетов одновременно с вопросами, связанными с решением научно-методических и организационных проблем совершенствования хозяйственного механизма в направлении повышения роли и ответственности республиканских и местных органов в управлении, необходимо продолжить исследования проблемы территориального планирования с помощью экономико-математических моделей.

Модели регионального планирования нередко копируют постановки задач для обоснования разделов общегосударственных народнохозяйственных планов и вследствие этого далеко не всегда учитывают особенности экономического и социального развития в союзных республиках и экономических районах. В региональных моделях недостаточно учитывается ряд важных социальных факторов, в первую очередь требования рациональной занятости трудовых ресурсов, ее структуры по степени сложности и механизации труда.

Для более тесной увязки планов развития группы взаимосвязанных отраслей, учета использования достижений научно-технического прогресса необходима разработка в рамках АСПР технологий комплексно-отраслевого планирования, что предусматривает развитие межотраслевых комплексов расчетов (агропромышленный, топливно-энергетический, машиностроительный, химико-лесной, транспортный и др.). Как показывает опыт, здесь должны широко применяться балансовые расчеты и система прогрессивных норм.

Центральными звеньями в системе межотраслевых комплексов расчетов должны стать оптимизационные модели развития и размещения комплексов отраслей. Определенный опыт разработки и экспериментального опробования таких моделей в технологии подготовки перспективных планов уже имеется. Следует указать на оптимальные модели развития топливно-энергетического комплекса отраслей, модели развития лесопромышленного комплекса. В одиннадцатой пятилетке внедрение подобных моделей в практику планирования столкнулось с серьезными затруднениями. Ряд министерств ограничивал представление в Госплан СССР исходной информации для решения указанных задач, в частности из-за отсутствия экономической заинтересованности в принятии на себя напряженных обязательств по экономии ресурсов.

Ныне с образованием в Совете Министров СССР постоянных органов государственного управления межотраслевыми комплексами и уточнением функций Госплана СССР оптимизационные модели развития и размещения комплексов соответствующих отраслей должны занять вполне

определенное место в технологии планирования. При этом особое внимание необходимо уделять процессу сбора, обновления и обработки данных для их решения во взаимодействии с отраслевыми автоматизированными системами управления, а также упрощению самих моделей, поскольку их реализация должна быть ориентирована на конкретную номенклатуру производства, планируемую соответствующим подразделением Госплана СССР. В научных исследованиях необходимо обратить внимание на вопросы моделирования и планирования оптимального развития машиностроительного и строительного межотраслевых комплексов, которые определяют инвестиционный и научно-технический потенциал страны. Однако разработкам этих моделей пока еще не уделялось должного внимания.

В общем виде автоматизированная технология разработки государственных планов должна быть ориентирована на соответствующую организационную структуру плановых и хозяйственных органов с учетом возможных мер по ее совершенствованию.

В результате работы по созданию такой технологии должны быть подготовлены и утверждены в установленном порядке:

методические указания к разработке системы государственных планов экономического и социального развития СССР;

методические указания, определяющие содержание планового процесса непосредственно в Госплане СССР (госпланах союзных республик);

система показателей и соответствующая ей система унифицированных форм плановой документации, предназначенные для обмена планово-экономической информацией между Госпланом СССР (госпланами союзных республик) и министерствами, ведомствами и территориальными органами управления;

показатели и соответствующие унифицированные формы документов, регламентирующие информационное взаимодействие между отделами Госплана СССР (госпланов союзных республик) в процессе разработки государственных планов в условиях проектируемой технологии планирования;

инструктивно-методические документы, определяющие в соответствии с указанными общесистемными материалами основные положения технологии разработки отдельных разделов плана.

Другая составляющая автоматизированной технологии планирования – информационное обслуживание плановых работников. Оно направлено на обеспечение специалистов плановых органов всей необходимой для их работы информацией и связано с созданием локальных информационных фондов, систем обработки планово-экономической и текстовой информации непосредственно на рабочем месте, а также автоматизацией документооборота и делопроизводства.

Реализация этой технологии основана на создании в подразделениях плановых органов автоматизированных рабочих мест (АРМ) плановиков, на основе которых будет обеспечена увязка решения функцио-

нальных задач с выполнением плановыми работниками неформализованных процедур, связанных с экспертными оценками факторов, ресурсов, характеристиками социально-экономических процессов и объектов, не нашедших пока еще достаточно полного отражения в совокупности разработанных и применяемых методов и средств АСПР.

При создании автоматизированных рабочих мест следует исходить из функций и характера труда различных категорий плановых работников. Разработка обеспечивающих средств АРМ создает условия для прямого доступа соответствующим категориям плановых работников к информационным фондам плановой, нормативной, статистической, справочной и другой информации, а также для автоматизированного формирования плановых документов, текущих справок и других материалов на основе обработки как числовой, так и текстовой информации. Технической базой АРМ должны стать персональные ЭВМ, установленные непосредственно на рабочих местах специалистов плановых органов, что позволит успешно реализовать указанные выше функции.

Кроме того, для реализации автоматизированной технологии планирования в единстве двух ее составляющих необходимо обеспечить обмен информацией между отдельными автоматизированными рабочими местами в процессе планирования. Эта проблема решается путем создания локальных сетей персональных ЭВМ. Локальная сеть позволяет обмениваться данными между АРМ, а также использовать так называемые общие ресурсы: дисковую память, высококачественные печатающие устройства, телекоммуникационное оборудование и т.п. При этом структура локальной сети должна определяться потребностями подразделения, в котором она функционирует.

Необходимое условие комплексной автоматизированной технологии разработки государственных планов и эффективного информационного обслуживания плановых работников посредством интеграции вычислительных сетей – создание вычислительной сети АСПР. Эта сеть будет представлять собой взаимоувязанную и взаимодействующую совокупность вычислительных и программных средств, объединяемых линиями связи и обеспечивающих сбор, обработку, хранение, отображение и передачу планово-экономической информации. В ее состав войдут головные и локальные центры обработки и хранения информации, базирующиеся на высокопроизводительных ЭВМ, система передачи данных, локальные вычислительные сети автоматизированных рабочих мест пользователей. К 2000 г. вычислительная сеть АСПР должна объединять вычислительные сети Госплана СССР, госпланов союзных республик, местных плановых органов с учетом их взаимодействия с вычислительными системами министерств и ведомств, территориальных органов управления.

Одним из важнейших перспективных направлений развития АСПР является организация ее взаимодействия с автоматизированными системами директивных органов, АСУ министерств и ведомств, территориальных органов управления. Организация этого взаимодействия должна

обеспечить интеграцию процессов разработки, доведения и контроля за выполнением народнохозяйственных планов на взаимосовместимых технических, технологических, математических и информационных средствах и единой методической и организационно-правовой основе. При этом необходимо предусмотреть усиление задающей роли АСПР в постановке и реализации планово-экономических задач внешних АСУ, сопрягаемых с соответствующими задачами АСПР. Базой для организации взаимодействия АСПР и АСУ должна стать система унифицированной плановой документации, формы государственной статистической отчетности, паспорта территорий и предприятий.

В целом создание в рамках АСПР единой автоматизированной технологии планируется осуществить поэтапно.

Первый этап (1986 – 1990 гг.) – на базе второй очереди АСПР и с учетом созданных заделов – научного (эскизный проект АСПР, результаты исследований, выполненных научно-исследовательскими организациями Госплана СССР, госпланов союзных республик, Академии наук СССР) и проектного (технические проекты подсистем, рабочая документация по задачам и средствам) – необходимо спроектировать и внедрить крупные целостные фрагменты автоматизированной технологии разработки текущих и перспективных планов и существенно улучшить информационное обслуживание плановых работников. Интеграция внедряемых фрагментов такой технологии должна основываться на развитии действующих и создании новых межподсистемных комплексов автоматизированных плановых расчетов для различных режимов планирования, разрезов и разделов плана с учетом их информационного взаимодействия с АСУ министерств и ведомств. Для этого должны быть заложены основы вычислительной сети Госплана СССР (госплана союзной республики) и введены в действие ее локальные звенья, обеспечивающие функционирование автоматизированных рабочих мест плановых работников в подразделениях аппарата Госплана СССР (госплана союзной республики), многомашинных комплексов коллективного пользования, обмен информацией между подсистемами АСПР, а также между АСПР и автоматизированными системами министерств и ведомств, территориальных органов управления преимущественно на машинных носителях.

Второй этап (1991 – 1995 гг.) – на базе выполненных на первом этапе научно-исследовательских и проектных работ необходимо осуществить переход к автоматизированной технологии разработки всех основных разделов системы планов, предусматривающей тесное взаимодействие как между подсистемами АСПР, так и между АСПР и АСУ министерств и ведомств, а также обеспечить дальнейшее расширение сферы информационно-вычислительных услуг, оказываемых плановому работнику с использованием методов и средств АСПР.

Для этого в Госплане СССР и госпланах союзных республик должно быть завершено создание вычислительных сетей, обеспечивающих совместное функционирование автоматизированных рабочих мест плановых работников, локальных сетей подразделений Госплана СССР

(госпланов союзных республик), ЭВМ ЕС коллективного пользования, установленных в ГВЦ и институтах Госплана СССР (ВЦ и институтах госпланов союзных республик), обмен информацией между подсистемами АСПР преимущественно по каналам связи, а между АСПР и автоматизированными системами министерств и ведомств, территориальных органов управления – на машинных носителях и по каналам связи.

Третий этап (1996 – 2000 гг.) – завершение интеграции технологических процессов разработки межотраслевых, балансовых, функциональных и сводных разделов государственных планов и перехода к единой автоматизированной технологии народнохозяйственного планирования. Для этого должна быть введена в действие вычислительная сеть АСПР, объединяющая вычислительные сети Госплана СССР и госпланов союзных республик и взаимодействующая в режиме реального времени с вычислительными системами министерств и ведомств, территориальных органов управления.

В результате поэтапного создания единой автоматизированной технологии народнохозяйственного планирования будет обеспечено целенаправленное совершенствование практики плановой работы на основе:

эффективного использования экономико-математических методов, моделей и систем обработки данных и расширения масштабов их применения в тех областях плановой работы, где это позволяет получить наибольший эффект с точки зрения взаимной увязки, сбалансированности и оптимальности плановых решений;

интеграции плановых расчетов, формализованных процедур и неформализуемых операций принятия плановых решений на единой информационно-методической и технической базе, создания целостных информационно-вычислительных комплексов;

расширения сферы применения вычислительной техники с учетом возможностей мощных ЭВМ коллективного пользования, персональных компьютеров, периферийных систем, терминальных устройств, каналов и средств связи для повышения эффективности работы специалистов плановых органов.

1.3. МЕТОДЫ ОПИСАНИЯ ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ ПЛАНА В УСЛОВИЯХ АСПР

Необходимость перехода от традиционных способов изложения технологии планового процесса к ее представлению в более строгом, регламентированном виде приводит к использованию различного вида *схем планового процесса*. Они по существу занимают промежуточное положение между описательными методами отображения планового процесса и формализованными методами.

В составе методического обеспечения АСПР разрабатываются *функционально-структурные схемы* планового процесса,

позволяющие дать общую картину разработки плана как на уровне АСПР в целом, так и на уровне ее отдельных функциональных подсистем.

Ниже будут рассмотрены три вида функционально-структурных схем: принципиальная схема разработки системы народнохозяйственных планов; сводно-задающие схемы разработки плана определенной продолжительности на уровне АСПР в целом; схемы функционирования отдельных подсистем АСПР.

В настоящее время используются три вида регламентации процессов народнохозяйственного планирования. Им соответствуют три типа документов, которые описывают процесс разработки плана: методические указания к составлению народнохозяйственных планов, формы и показатели планов, постановления и приказы об организации разработки народнохозяйственных планов.

Методические указания – основной документ, регламентирующий содержание и последовательность процесса планирования, описывающий методы и технологию проведения плановых работ, а также отдельные формулы и алгоритмы плановых расчетов. Однако методические указания носят в основном описательный характер, они не приспособлены к автоматизированной технологии, в значительной мере рассчитаны на самостоятельность и творческую инициативу самих плановых работников.

Представление о содержательной стороне процесса планирования может быть получено из анализа утвержденных форм плановой документации и системы показателей, предопределяющих вид отдельных групп плановых показателей и взаимосвязи между ними. Однако формы и показатели не являются прямым отображением технологии планового процесса, поскольку в них представлены только конечные результаты плановых расчетов, позволяющие лишь косвенно судить как о самих плановых процедурах, так и о методах их реализации.

Важным средством описания процесса планирования выступают приказы и постановления о порядке и сроках разработки народнохозяйственных планов. Именно в этих документах процесс планирования рассматривается как взаимосвязанное целое, но только с организационной стороны.

Инструктивные материалы методического и организационного характера не определяют однозначным образом выполнение общей процедуры составления проектов планов. Ее превращение в единый целостный процесс – результат деятельности плановых работников при формировании плана, которая в значительной мере состоит из ненормированных процедур. Многолетний творческий опыт разработчиков плана восполняет "белые пятна", имеющиеся в инструктивных и регламентирующих материалах. Вместе с тем применение экономико-математических методов и электронно-вычислительной техники требует гораздо более жесткого режима регламентации.

Таким образом, автоматизация плановых расчетов порождает потребность в дальнейшем развитии методов документирования и отображения плановой технологии путем их более четкого описания. По существу речь идет о создании специальных моделей планового процесса, позволяющих видеть как весь процесс в целом, так и составляющие его отдельные элементы и их взаимосвязи.

Построение моделей планового процесса может быть осуществлено лишь в том случае, если исследуемый объект – плановый процесс – разделен на более или менее четко выраженные элементы.

В настоящее время принято считать, что плановый процесс делится на следующие элементы, образующие в совокупности сложную иерархическую многоуровневую систему:

плановый процесс в целом;

режимы планирования, включающие в свой состав разработку долгосрочного, пятилетнего и текущего планов;

стадии планирования, на которые распадается каждый режим планирования, при этом режим долгосрочного планирования состоит из двух стадий (концепция, основные направления), режим пятилетнего планирования включает стадии основных направлений и проекта плана. В режиме текущего планирования уточняются материальные балансы и объемы подрядных работ, готовится доклад о состоянии экономики;

плановые задачи, на которые делится каждая часть планирования;

плановые процедуры как составные части плановых задач;

плановые операции как самые элементарные составные части плановых процедур.

Пока не сложились строгие определения каждого из перечисленных выше уровней планового процесса и не найдены достаточно определенные критерии их выделения. Вместе с тем следует признать, что плановый процесс может быть разделен на составные части и такое разделение позволит выработать достаточно четкое представление об организации планового процесса, его методике и технологии [5].

Плановый процесс представляет собой сложную, многоуровневую систему, поэтому он не может быть описан одной моделью, охватывающей одновременно все его уровни. Это в первую очередь связано с огромным количеством входящих в его состав элементов. Их число может быть оценено с помощью следующей зависимости:

$$N = \Sigma_{i=1}^{n} a_i \cdot b \cdot c \cdot d \cdot e, \qquad (1.1)$$

где N – общее число элементов планового процесса, n – количество планов определенной продолжительности, входящих в единую систему планов; a_i – число стадий i-го планового процесса; b – количество подсистем АСПР; c – примерное число задач, решаемых в пределах одной стадии в каждой подсистеме; d – число процедур, входящих в одну плановую задачу; e – приблизительное число операций, из которых состоит одна плановая процедура.

Величины, входящие в (1.1), имеют следующие количественные значения:

$$n = 2;\ a_1 = 2;\ a_2 = 2;\ b \approx 70;\ c \approx 10;\ d \approx 5;\ e \approx 5, \qquad (1.2)$$

при подстановке которых в (1.1) получаем

$$N \approx 75\ 000. \qquad (1.3)$$

Из (1.1) – (1.3) следует, что, по-видимому, невозможно построить единую модель планового процесса, содержащую 75 000 элементов, поскольку она будет не только необозримой, но практически даже и неосуществимой.

Из приведенного анализа можно сделать вывод, что модельное отображение планового процесса в АСПР требует применения разных типов моделей, соответствующих различным уровням планирования.

Самой верхней, *самой главной должна быть весьма укрупненная модель планового процесса в целом,* включающая первые три уровня членения планового процесса вплоть до стадий планирования. Эта модель имеет принципиальный, задающий характер, определяя связь между различными режимами планирования и входящими в их состав отдельными стадиями планового процесса.

Далее строятся *модели, отображающие процесс реализации отдельных стадий разработки плана определенного вида.* Опыт работы над эскизным проектом АСПР показал, что модели этого уровня наиболее приемлемы для получения представлений о плановом процессе и его свойствах.

Построение моделей на уровне плановых задач требует перехода от планового процесса в целом к процессам разработки разделов плана, осуществляемым в рамках соответствующих подсистем АСПР.

Для построения многоуровневой системы моделей планового процесса необходимо выбрать тот "строительный материал", из которого следует создавать модели. Необходимо отметить, что эта технология представляет собой единство методического, организационного и информационного аспектов. При этом ведущая роль принадлежит методическому аспекту планового процесса, определяющему содержательную сторону планирования [5, 11]. Организационный аспект планового процесса включает способы организации как самого процесса разработки планов, так и организационную структуру системы планирования [5, 11].

Информационный аспект планового процесса отображает процесс разработки планов как процесс преобразования и движения информации [15].

Модели планового процесса должны отображать его основные особенности и обладать свойствами агрегирования (укрупнения) и дезагрегирования (разукрупнения) в соответствии с выделенными выше основными уровнями анализа планового процесса (плановый процесс в целом, его режимы, стадии, плановые задачи, процедуры и операции).

В качестве основных элементов создаваемых моделей используются прежде всего категории функции процесса планирования и его структуры. Под функцией процесса планирования (или плановой функцией) будем понимать составную часть процесса планирования, границы которой четко определены. Под структурой процесса планирования будем понимать способ его организации.

В соответствии с выбранными элементами моделей — функциями и структурами — могут строиться различные типы моделей: функциональные, структурные и смешанные, функционально-структурные. Функциональные модели отображают процесс планирования в виде взаимодействия между плановыми функциями. Структурные модели отражают организационные аспекты планового процесса, обусловленные в первую очередь организационной структурой системы планирования. К числу элементов структуры следует отнести также выделение в составе процесса планирования отдельных стадий разработки плана.

Оставаясь в рамках чисто функционального или структурного моделирования, невозможно с достаточной полнотой отобразить процесс планирования, поэтому его модели должны быть смешанными, функционально-структурными моделями. Собственно функциональные и структурные модели носят вспомогательный характер, способствуя построению смешанных моделей. Функционально-структурным моделям свойствен специфический способ изображения, в котором функции и структуры представлены описательным образом, а взаимосвязи, взаимодействия и информационные потоки — в виде ориентированных линий, соединяющих (при графическом изображении) элементы функций и структур. Конкретно это выражается с помощью графоописательных моделей, изображаемых в виде функционально-структурных схем. Таким образом, функционально-структурные схемы разработки планов в условиях АСПР представляют графическое изображение технологии планового процесса в виде совокупности временной и логической последовательности и увязанных с реализующей их организационной структурой системы планирования. Схемы содержат также изображение информационных потоков, объединяющих плановые функции в единый плановый процесс. Функционально-структурные схемы плановых процессов должны строиться для всех режимов функционирования АСПР применительно к разработке всего народнохозяйственного плана, его отдельных разделов и подразделов.

В соответствии с выделенными выше уровнями планового процесса и их моделями необходимо построить многоуровневую систему функционально-структурных схем, отображающих плановый процесс на каждом уровне его анализа. В вершине этой системы должна находиться функционально-структурная схема, отображающая связи между различными режимами планирования и входящими в их состав отдельными стадиями планового процесса. В силу принципиальной важности

этой схемы представляется целесообразным назвать ее *принципиальной схемой разработки системы народнохозяйственных планов.* Рассмотрим методические особенности формирования этой схемы.

Принципиальная схема разработки системы народнохозяйственных планов базируется на положениях марксистско-ленинской теории социалистического расширенного воспроизводства. Процесс разработки народнохозяйственных планов в условиях АСПР должен содержать специфические черты планового воздействия на воспроизводственные процессы, методы и организацию подготовки плановых документов, вытекающие из партийно-правительственных решений по совершенствованию планирования и управления народным хозяйством на основе использования последних достижений в области науки и техники.

Построение принципиальной схемы основывается на положении о разработке единой, взаимосвязанной во всех своих частях системы народнохозяйственных планов разной продолжительности, включающей долгосрочный и среднесрочный – пятилетний (с разбивкой по годам) планы развития народного хозяйства. Формирование системы планов требует представления единого планового процесса в виде отдельных, но связанных между собой процессов разработки долгосрочного и пятилетнего планов. Этому соответствуют различные режимы планирования (режимы функционирования АСПР).

Объединение режимов функционирования АСПР в единую систему достигается путем установления взаимосвязей между процессами разработки планов различной продолжительности. К числу этих связей следует отнести следующие:

отражающие единый подход к решению основных социально-экономических задач развития народного хозяйства, сформулированных в директивных решениях;

отображающие преемственность в оценке масштабов, темпов роста народного хозяйства, его общеэкономических и межотраслевых пропорций, а также в выборе методов и средств достижения этих показателей;

описывающие согласованность принимаемых решений в процессе формирования долгосрочных и среднесрочных комплексных программ;

обеспечивающие объединение показателей народнохозяйственных планов различной продолжительности в единую систему;

отображающие согласованность и преемственность методических подходов к разработке народнохозяйственных планов различной продолжительности на основе единой методологии народнохозяйственного планирования[1].

В качестве моделей второго уровня выступают функционально-структурные схемы, которые отображают процесс разра-

[1] Примером принципиальной схемы разработки системы народнохозяйственных планов может служить схема, приведенная в монографии [5, С.70 – 71].

ботки плана определенной продолжительности и поэтому также представлены в достаточно агрегированном виде – в виде сводно-задающих схем разработки планов развития народного хозяйства.

Основным элементом, из совокупности которых составляется сводно-задающая схема, принимается плановая функция, обобщенно выражающая содержание одной из работ, реализуемых данной подсистемой АСПР на определенной стадии разработки плана. Эта функция создает агрегированное представление о содержании отдельных частей планового процесса, выделяемых по признаку их принадлежности к той или иной подсистеме АСПР.

Пример: режим – пятилетнее планирование;
стадия – разработка основных направлений;
подсистема – "Капитальные вложения";
плановые функции: определение перспектив пятилетнего плана воспроизводства основных фондов; предварительное определение потребностей народного хозяйства в объеме и структуре капитальных вложений с учетом исходных данных, сформулированных на данную пятилетку в составе основных направлений; разработка предварительного варианта показателей воспроизводства основных фондов; анализ и корректировка отраслевых проектировок и их согласование с народнохозяйственной политикой использования капитальных вложений на планируемый пятилетний период.

Для того чтобы "привязать" плановую функцию к данной подсистеме АСПР и соответствующей стадии разработки плана, строится таблица (матрица), в подлежащем которой (в строках) изображается перечень подсистем АСПР и систем, с которыми АСПР взаимодействует, а в сказуемом (в столбцах) – стадии разработки плана в описываемом режиме. В клетки этой таблицы вписываются плановые функции, выполняемые в ходе разработки плана, с изображением в виде графов взаимосвязей между ними, а также информационных связей, характеризующих взаимодействие АСПР с другими автоматизированными системами, участвующими в разработке народнохозяйственных планов.

Сводно-задающие схемы формируются на основе методических положений и методических рекомендаций к составлению народнохозяйственных планов и используемой в плановой практике технологии с учетом тех направлений совершенствования плановых процессов, которые осуществляются в условиях автоматизации плановых расчетов (см. вкладку к монографии [5]).

С целью придания схемам лучшей обозримости описания функций обычно заменяются в них цифровыми обозначениями, поэтому схемы сопровождаются текстовыми пояснениями, в которых дана расшифровка функций и приведена общая картина процесса разработки плана определенной продолжительности.

В качестве моделей планового процесса третьего уровня используются схемы разработки народнохозяйственного плана в составе подсистем АСПР – схемы функционирования подсистем. Такая схема отображает в укрупненном виде главные элементы процесса формиро-

вания перспективных и текущих планов в соответствующем отделе Госплана СССР или госплане союзной республики во взаимосвязи с разработкой планов в остальных отделах Госплана СССР, госпланах союзных республик, министерствах и ведомствах в условиях автоматизации плановых расчетов.

Схема функционирования подсистемы имеет тот же вид, что и на уровне системы в целом, с той лишь принципиальной разницей, что подсистема предварительно разделяется на функциональные блоки, что требует разбиения исходных функций на планово-экономические задачи и установления взаимосвязей между ними в соответствии с блочной структурой подсистемы. Поэтому в схеме ее функционирования должно быть более дробное описание плановых функций в пределах этой подсистемы, чем в общей сводно-задающей схеме функционирования АСПР в целом. Такая функция выражает содержание одной или нескольких объединенных планово-экономических задач, решаемых в составе отдельного функционального блока подсистемы.

Пример: режим – пятилетнее планирование;
стадия – разработка основных направлений;
подсистема – "Станкостроительная и инструментальная промышленность";
плановая функция – определение предварительных показателей основных направлений развития отрасли;
соответствующие планово-экономические задачи: определение потребности народного хозяйства в продукции отрасли (в натуральном выражении); уточнение оптимальной схемы размещения вновь создаваемой подотрасли по ремонту металлообрабатывающего оборудования и изготовлению запчастей; разработка баланса производственных мощностей; определение объемов производства продукции в натуральном выражении; определение объемов производства продукции в стоимостном выражении; расчет использования основных промышленно-производственных фондов; определение потребности в капитальных вложениях и расчет их структуры; определение производительности труда, численности работников и фонда заработной платы; определение себестоимости продукции по технико-экономическим факторам и элементам затрат; определение потребности в материально-технических ресурсах.

Одновременно в схеме функционирования подсистемы более подробно указаны взаимосвязи задач данной подсистемы с другими "смежными" подсистемами, входная информация, используемая в подсистеме, и выходная информация, передаваемая в другие подсистемы. Схема функционирования подсистемы строится в виде графоматричной модели планового процесса.

В строках матрицы представлены функциональная структура АСПР и структура взаимодействующих с АСПР внешних автоматизированных систем так, что каждой строке матрицы соответствует определенный элемент функциональной структуры. Наиболее детально изображены в матрице элементы функциональной структуры данной подсистемы, для каждого блока подсистемы отводится отдельная строка.

Пример. Если рассматривается отраслевая подсистема, то в ней выделяются следующие блоки:

"Сводный блок",
"Наука и техника",
"Производство",
"Капитальное строительство",
"Труд и кадры",
"Себестоимость и прибыль",
"Территориальный разрез плана",
"Материально-техническое обеспечение",
"Охрана окружающей среды",
"Внешнеэкономические связи",
"Совершенствование планирования и управления",
"Нормы и нормативы",
"Организация планирования".

Остальным строкам матрицы соответствуют вводные и отраслевые подсистемы АСПР Госплана СССР, АСПР госпланов союзных республик и крупнейших городов, ведомственные и отраслевые АСУ. Таким образом, перечень подсистем в матрице схемы функционирования отдельной подсистемы совпадает с перечнем подсистем сводно-задающей схемы функционирования АСПР в целом.

Взаимосвязи данной подсистемы изображаются в матрице схемы ее функционирования. Для отображения взаимосвязей плановых задач данной подсистемы с задачами других подсистем АСПР и внешних по отношению к АСПР автоматизированных систем на схеме одновременно изображается система внешних функциональных взаимосвязей данной подсистемы.

С целью уменьшения размеров схем функционирования подсистем описание задач заменено в них цифровыми обозначениями. Поэтому схемы сопровождаются описаниями, в которых даны расшифровка содержания задач и, кроме того, общая картина процесса функционирования подсистемы.

Схемы функционирования подсистемы не ограничиваются описанием проектируемого состояния, они должны отображать также переходные состояния плановых процессов, характеризующие последовательный перевод действующей методики и технологии планирования в ее более совершенное проектируемое состояние с указанием последовательно внедряемых при этом элементов АСПР. С этой целью в схемах выделяются три категории плановых задач, соответствующих различным состояниям внедрения АСПР:

реализуемые в действующей практике планирования и подвергающиеся существенной трансформации в условиях АСПР;

частично реализуемые в настоящее время и существенно трансформируемые в условиях внедрения АСПР (совершенствование этих задач является первоочередным по срокам);

практически не реализуемые пока на практике, но предусматриваемые в качестве необходимых в условиях функционирования АСПР

(содержание, методы и технология решения таких задач – предмет дальнейшего развития и совершенствования АСПР).

Для этих трех категорий плановых задач в схеме функционирования подсистемы вводятся специфические обозначения, что позволяет отразить процесс формирования соответствующего раздела народнохозяйственного плана в условиях последовательной разработки и внедрения АСПР.

Построение схемы на подсистемном уровне требует ее последующей увязки со схемами взаимодействующих с ней подсистем с целью согласования входов и выходов (входной и выходной информации), т.е. достижения соответствия по кругу взаимных связей между подсистемами и тождественной трактовки информационного обмена.

Схема функционирования подсистемы отражает процесс разработки раздела народнохозяйственного плана определенной продолжительности (долгосрочного или пятилетнего). Необходимость взаимосвязанной разработки системы планов требует формирования специальных схем межрежимного согласования на уровне подсистем АСПР. Главное содержание такой схемы состоит в том, что в ней наряду с задачами разработки каждого вида плана в отдельности указываются связи между задачами различных режимов планирования.

Функционально-структурные схемы нашли широкое применение при проектировании АСПР. Они были использованы в эскизном проекте АСПР и в технических проектах ее функциональных подсистем. Построение схем в ходе проектных работ позволило существенно конкретизировать и детализировать наши знания о плановом процессе и перейти от описательного изложения его технологии к ее представлению в виде совокупности планово-экономических задач АСПР, связанных между собой потоками информации в единую систему. Все эти разработки вошли в состав проектируемой документации I очереди АСПР, одобренной Госпланом СССР и ставшей теоретической основой для создания ее II очереди.

Использование функционально-структурных схем в проектировании АСПР позволило также выявить те узлы автоматизированной технологии планирования, где необходимо, возможно и целесообразно применять для обоснования плановых решений различные экономико-математические методы и модели. Вместе с тем сформировалось и уточнилось отвечающее современным требованиям представление о роли, месте и функциях экономико-математических методов и моделей в АСПР.

1.4. РОЛЬ, МЕСТО И ФУНКЦИИ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ В АСПР

Роль и значение практического использования современных методов экономико-математического моделирования определяются тем, что они позволяют лучше и оперативнее решать не только традиционные, но и

принципиально новые плановые задачи, обеспечивающие повышение научного уровня разработки народнохозяйственных планов.

Экономико-математическая модель (ЭММ) представляет собой формализованное описание объекта планирования при помощи заданных параметров и искомых переменных величин, связи между которыми устанавливаются в форме тех или иных математических зависимостей. ЭММ позволяют выполнять такие прогнозно-аналитические и планово-экономические расчеты, результаты которых либо не могут быть получены без использования математических методов, либо не достигают без них требуемого уровня точности, сбалансированности, оптимальности.

Применение экономико-математических методов в практике планирования стало реально осуществимым в 60-е гг. благодаря быстрому развитию теории экономико-математического моделирования и прогрессу электронно-вычислительной техники. Тогда были построены первые отчетные и экспериментальные плановые межотраслевые балансы, начато решение задач оптимального развития и размещения производства, рассчитаны прогнозы отдельных экономических показателей с помощью методов математической статистики. К началу 70-х гг. стало ясно, что автономное использование методов моделирования в практике планирования не дает желаемых результатов, что внедрение экономико-математических моделей должно быть не самоцелью, а средством совершенствования всей методики планирования и органической составной частью единого процесса развития его научно-технической базы.

Развертывание работ по созданию АСПР ознаменовало качественно новый этап в использовании методов экономико-математического моделирования, поскольку с самого начала ориентировалось на системное построение и последовательное внедрение в плановую работу взаимоувязанных средств методического, информационного, технического, технологического, математического обеспечения планирования. В этих условиях комплексное совершенствование плановых процессов, с одной стороны, достигается за счет широкого использования экономико-математических моделей, с другой стороны, создает необходимые информационно-технические и организационные предпосылки эффективного функционирования этих моделей в реальной технологии разработки планов.

Формализованное описание объекта планирования с помощью ЭММ неизбежно связано с отражением в модели только основных и наиболее важных черт объекта и отвлечением от других его свойств, в том числе качественных, не поддающихся количественному измерению. Поэтому полностью формализованное описание объекта планирования, будь то народное хозяйство в целом или отдельная его часть, представляется практически невозможным. Отсюда следует, что в АСПР, во-первых, формализуемые задачи, в том числе решаемые с применением ЭММ, сочетаются с неформализуемыми задачами; во-вторых, процесс и результаты решения формализуемых задач также должны контролироваться

и экспертно оцениваться специалистами плановых органов. Таким образом, ЭММ играют роль инструментов анализа, подготовки и обоснования решений плановыми работниками.

С точки зрения участия в процессе разработки плана можно выделить аналитические (или вспомогательные) и плановые (или основные) ЭММ.

А н а л и т и ч е с к и е ЭММ разрабатываются как отдельные, локальные элементы, обладающие относительно самостоятельной информационной базой и не вписанные жестко в технологию планового процесса. Как правило, расчеты по таким моделям проводятся в НИИ по специально подготавливаемой информации, а их результаты служат для подготовки аналитических, прогнозных и других материалов для плановых органов. По мере отработки и совершенствования таких экономико-математических моделей они могут переходить из группы вспомогательных в группу основных.

Значительно более высокие требования предъявляются к п л а н о в ы м моделям. Среди этих требований особое значение имеют такие, как соответствие модели принятой (проектируемой) методологии и методике планирования; обеспеченность исходной информацией; технологичность модели.

Первое из указанных требований означает, что предназначенная к использованию в практике планирования модель должна быть ориентирована на решение конкретной планово-экономической задачи, предусмотренной существующей или проектируемой методологией планирования. Это диктует необходимость трансформации многих известных экономико-математических моделей. Наряду с этим плановые модели не могут быть столь же абстрактными, как это допустимо для моделей теоретико-методологического характера. Те факторы, от которых вправе абстрагироваться ученый-теоретик с учетом целей своего исследования, зачастую обязательно должны быть учтены в плановой модели, пусть даже ценой значительного огрубления предпосылок.

Второе из названных выше требований обусловлено тем, что плановая модель должна давать не только обобщенно-аналитическое, но и конкретное числовое решение. Если ученому-теоретику достаточно для выявления общей закономерности или тенденции предположить заданными те или иные параметры модели, решить ее в общем виде и исследовать решение, то плановику необходимо задать конкретные числовые значения всех параметров модели.

Реально существует исходная информация, как правило, для моделей, предназначенных для реализации планово-экономических задач, которые в той или иной форме решались в рамках традиционной технологии планирования без использования экономико-математических методов. Такая ситуация в известной мере характерна для некоторых постановок межотраслевых балансовых моделей, отдельных моделей демографических расчетов и др. Подобные модели могут быть реализованы без существенной перестройки действующих форм статистической

отчетности и плановой документации. В отличие от них модели, позволяющие решать принципиально новые планово-экономические задачи, требуют и новой информации.

Третье из рассматриваемых требований – технологичность плановых моделей – имеет два аспекта. Первый из них состоит в том, что модель должна быть ориентирована на реально имеющиеся и проектируемые общесистемные обеспечивающие средства. При этом время решения построенных на основе модели задач должно укладываться в установленные сроки разработки плана исходя из возможной мощности ЭВМ и эффективности средств математического и технологического обеспечения. Этот аспект технологичности моделей очевиден и с самого начала учитывался при проектировании АСПР.

Однако с накоплением опыта создания системы проявился и второй аспект требования технологичности. Выяснилось, что многие экспериментально проверенные и рекомендуемые к внедрению модели хорошо работают только при непосредственном участии в расчетах по ним авторов – разработчиков этих моделей. Анализ показывает, что такая ситуация характерна для тех моделей, которые имеют жесткую структуру, не предусматривают "настройки" на конкретные, меняющиеся от расчета к расчету условия данной планово-экономической задачи. В этом случае пользователь модели – плановик, который, как правило, не является специалистом в области экономико-математического моделирования, не в состоянии без помощи разработчика модели внести в нее изменения, диктуемые той или иной возникающей на практике постановкой задачи. Поэтому требование технологичности во втором его аспекте диктует необходимость: разработчикам – оснащать плановую модель соответствующими эксплуатационными методиками и инструкциями, а пользователям – повышать уровень своей специальной подготовки.

Поскольку АСПР создается как многоуровневая система, то включаемые в ее состав плановые ЭММ также распределяются по следующим уровням:

ЭММ сводного народнохозяйственного уровня, с помощью которых решаются планово-экономические задачи в подсистеме "Сводный народнохозяйственный план";

ЭММ сводно-функционального уровня, с помощью которых решаются планово-экономические задачи в сводных ресурсно-балансовых и сводно-функциональных подсистемах;

ЭММ отраслевого уровня, с помощью которых решаются планово-экономические задачи в отраслевых подсистемах и подсистемах отраслевых комплексов.

Для различных плановых функций и задач характерна существенно неодинаковая степень их формализации на основе ЭММ. Большинство плановых задач, связанных с разработкой социальных аспектов и программного разреза плана, планированием развития отраслей непроизводственной сферы, планированием науки и техники, охраны окружа-

ющей среды и др., до настоящего времени не имеют соответствующих аналитических и плановых ЭММ. Вместе с тем для некоторых плановых задач, таких, как планирование развития и размещения отдельных отраслей и видов производств, планирование межотраслевых связей, разработаны не только взаимодополняющие, но и конкурирующие ЭММ.

В свою очередь и сами ЭММ, как аналитические, так и плановые, существенно различаются степенью методической отработанности и подготовленности к практическому использованию, математическим, техническим и информационным обеспечением.

Выше шла речь о специфике отдельных плановых моделей. Не менее сложные проблемы возникают и при их объединении в систему моделей народнохозяйственного планирования. Ко времени разработки АСПР в результате научных исследований было показано, что предпринимавшиеся ранее попытки построить единую модель оптимального народнохозяйственного плана с целевой функцией, выражающей требования основного экономического закона социализма, и системой ограничений, описывающей условия и технологию расширенного воспроизводства, не принесут желаемых результатов. И проблема здесь не только в размерности такой модели, делающей ее необозримой для пользователя и нереализуемой даже на самых мощных ЭВМ, но и в том, что, во-первых, в одной целевой функции нельзя выразить все многообразие социально-экономических интересов общества; во-вторых, в одной системе ограничений невозможно достаточно полно и конкретно описать различные по масштабам, временны́м и пространственным параметрам, характеру управляемых переменных процессы расширенного воспроизводства производительных сил и производственных отношений социалистического общества; в-третьих, функционирование такой модели предполагает, что управление всеми воспроизводственными процессами и элементами народного хозяйства осуществляется из единого центра, что противоречит принципу демократического централизма и иерархической структуре социалистического управления. Исходя из этого развился подход к оптимизации народнохозяйственного плана посредством построения некой системы, в которой модели дифференцированы прежде всего по уровням народнохозяйственной иерархии: модели центра, региона, отрасли, объединения, предприятия. Каждой из них присущ свой уровень агрегирования и конкретности описания планируемых объектов. Этот "вертикальный разрез" системы моделей дополняется ее "горизонтальными разрезами": формализованное описание объектов каждого уровня может состоять не из одной, а из ряда моделей. Например, на верхнем уровне могут строиться модель технологии общественного производства, модель формирования и удовлетворения конечных общественных потребностей, модели элементов ресурсного потенциала и другие. При этом все модели должны определенным образом взаимодействовать.

В рамках такого подхода к созданию системы среди ученых нет пока что единства не только в отношении определения конкретного состава

образующих ее моделей, но и по такому принципиальному вопросу, как характер их взаимодействия. Отсюда и различия в определениях системы моделей. Одни авторы понимают под системой такое семейство моделей, которое предназначено для решения функционально взаимосвязанных задач; вторые дополнительно указывают, что включаемые в систему модели должны быть состыкованы по своим информационным входам и выходам; третьи к двум названным требованиям добавляют еще одно: функционально и информационно взаимосвязанные модели образуют систему, если известно формализованное описание их взаимодействия и задан алгоритм согласования решений отдельных моделей в процессе функционирования всей системы моделей.

По нашему мнению, система моделей АСПР не может строиться как система функционально, информационно и алгоритмически взаимосвязанных моделей (третье из приведенных выше определений). По существу построение такой системы означало бы создание некой супермодели, на вход которой подается исходная информация, а на выходе получается готовый вариант народнохозяйственного плана. Экономика как объект планирования – очень сложная система, которая по определению не может быть полностью конструктивно описана на формальном языке. Это означает, что в совокупности планово-экономических задач, решаемых в процессе разработки народнохозяйственного плана, имеются не только полностью или частично формализуемые, но и принципиально неформализуемые задачи.

Более подходит для системы моделей АСПР второе из приведенных выше определений. Действительно, все планово-экономические задачи, включаемые в процесс разработки плана, прямо или косвенно связаны между собой, а значит, модели, объединяемые в систему, служат для решения функционально взаимосвязанных задач. Независимо от того, является ли данная задача формализуемой или неформализуемой, результат ее решения выражается в определенной информации и, следовательно, входящие в систему модели могут быть информационно состыкованы либо непосредственно (информационный выход одной модели является входом для другой), либо через промежуточные элементы, представляющие неформализуемые плановые процессы (информация по результатам решения поступает, например, специалисту, вырабатывающему на ее основе определенное плановое решение, данные о котором используются при реализации следующей модели). Конечно, связь между отдельными моделями может быть формализована, а согласование их решений достигается алгоритмически, но такая ситуация является частным случаем, а не общим правилом для системы моделей АСПР в целом.

Сам термин "система моделей" применительно к АСПР нуждается в уточнении. Дело в том, что в данном случае большое значение имеют так называемые прямые плановые расчеты. К ним принято относить такие планово-экономические задачи, реализация которых не требует применения специальных математических методов решения. В отличие

от задач, в решении которых существенно используются методы матричной алгебры, линейного программирования, математической статистики и т.д., прямые плановые расчеты сводятся к обработке на ЭВМ больших массивов информации при помощи простейших алгоритмов сортировки, табулирования, агрегирования и других, а также к выполнению расчетов по элементарным формулам (например, потребность в данном ресурсе на производство какой-либо продукции равняется произведению соответствующей удельной нормы расхода на объем производства этой продукции).

Автоматизация прямых плановых расчетов позволяет обработать большие массивы информации, поступающей в плановые органы министерств и ведомств, повысить качественный уровень и расширить круг традиционно выполняемых балансов и аналитических расчетов. Такие задачи не изменяют методику планирования. Однако они открывают возможность существенно увеличить объем обрабатываемой плановой информации и количество выполняемых на ее основе расчетов. И здесь мы имеем как раз тот случай, когда количество перерастает в качество. Очевидно, что степень обоснованности и согласованности плановых решений существенно возрастает, если в сжатые сроки разработки плана мы можем сформировать, например, на порядок большее число материальных балансов, да еще и просчитать их различные варианты. Если к тому же все основные статьи балансов определяются нормативным методом, что невозможно без автоматизации нормативной базы, то тем самым обеспечивается качественно новый уровень обоснованности плана. Поэтому не случайно задача расширения круга балансовых расчетов и развития нормативной базы рассматривается как одна из центральных задач совершенствования планирования.

Опыт эксплуатации первой очереди АСПР подтвердил высокую эффективность принятых в ее составе прямых плановых расчетов как с точки зрения сокращения трудоемкости их выполнения, так и повышения обоснованности плановых решений [5]. Автоматизация прямых плановых расчетов, кроме того, позволяет накопить в приемлемом для машинной обработки виде исходные данные для расчетов по экономико-математическим моделям, а также преобразовать результаты решения последних в форму, удобную для использования плановым работником.

Таким образом, эффективное применение экономико-математических моделей в технологии планирования требует их объединения с прямыми плановыми расчетами. Поэтому *в условиях АСПР следует говорить о системе не моделей, а планово-экономических задач, реализуемых с использованием и экономико-математических моделей, и прямых плановых расчетов.*

Для создания такой системы задач накоплен определенный задел. Глубоко проработаны взаимодополняющие подходы к комплексированию народнохозяйственных, отраслевых и региональных моделей различного типа [13]. При этом основные идеи системы многоступенчатой оптимиза-

ции прошли экспериментальную проверку в Госплане СССР, включены в эскизный проект АСПР и последнее издание методических указаний к разработке государственных планов [3]; принципиальная схема системы моделей оптимального народнохозяйственного планирования в отраслевом и территориальных разрезах также вошла в эскизный проект АСПР и в настоящее время отдельные ее блоки экспериментально проверяются в ГВЦ Госплана СССР. На уровне Госплана СССР могут также найти эффективное применение подходы к построению системы моделей, предложенные и практически используемые в АСПР Госплана Литовской ССР, разрабатываемые в ИЭ и ОПП СО АН СССР и использованные при обосновании программы "Сибирь" [13].

Применение в планировании отдельных ЭММ, решаемых с помощью электронно-вычислительных машин, привело к необходимости четкого и однозначного описания соответствующих планово-экономических задач, методов их решения, используемой информации, выявления адресной принадлежности как самой задачи, так и источников входной и потребителей выходной информации, разработки соответствующих вычислительных программ с учетом специфики той ЭВМ, на которой будет решаться ЭММ данной планово-экономической задачи. Причем каждая такая задача должна быть встроена в реальную технологию планирования, которая представляет собой *совокупность систематизированных, ориентированных в организационной структуре системы планирования и во времени операций и процедур составления плана с указанием методов, средств и порядка их выполнения, исходной информации, путей ее преобразования.*

В условиях АСПР технология планового процесса не создается заново, а строится на основе действующего порядка разработки планов путем более строгого соблюдения последовательности осуществления плановых работ, их взаимосвязей, информационных потоков. Одновременно в составе этой технологии должны быть отражены и органично включены в плановый процесс все те элементы его методического, организационного и информационного аспектов, в которых находит свое воплощение совершенствование разработки планов в условиях широкого применения экономико-математических методов и моделей.

Литература к главе 1

1. Материалы XXVI съезда КПСС. М.: Политиздат, 1981.
2. Материалы XXVII съезда КПСС. М.: Политиздат, 1986.
3. Методические указания к разработке государственных планов экономического и социального развития СССР. М.: Экономика, 1980.
4. О коренной перестройке управления экономикой: Сборник документов. М.: Политиздат, 1987.
5. Автоматизированная система плановых расчетов. М.: Экономика, 1980.
6. Безруков В.Б. Основные направления развития автоматизированной системы плановых расчетов // Экономика и математические методы, 1985. Т. XXI. Вып. 6.

7. Безруков В.Б. Развитие автоматизированной системы плановых расчетов // Плановое хозяйство, 1987. № 4.
8. Клоцвог Ф.Н., Мацнев Д.А., Уринсон Я.М. Итоги и перспективы разработки и внедрения ЦКЗ АСПР Госплана СССР// Экономика и математические методы, 1984. Т. XX. Вып. 5.
9. Коссов В.В. О системе экономико-математических моделей для АСПР// Плановое хозяйство, 1973. № 12.
10. Кушаков О.К., Ляшенко С.И. Комплекс балансовых расчетов для годового режима планирования // Экономика и математические методы. 1984. Т. XX. Вып. 5.
11. Лебединский Н.П. Основы автоматизации плановых расчетов. М.: Экономика, 1982.
12. Проблемы создания центрального комплекса задач АСПР Госплана СССР// Вопросы создания АСПР. ГВЦ Госплана СССР, 1983. № 57.
13. Система моделей народнохозяйственного планирования. М.: Наука, 1982.
14. Черников Д.А. Методические вопросы разработки интегрированного комплекса балансовых расчетов на долгосрочную перспективу // Экономика и математические методы, 1984. Т. XX. Вып. 5.
15. Уринсон Я.М. Совершенствование технологии народнохозяйственного планирования. М.: Экономика, 1986.

Глава 2

ЗАДАЧИ ПРЯМОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

2.1. ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАДАЧ ПРЯМОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Задачи прямой обработки данных составляют около 80 % общего количества решаемых в АСПР задач. Хотя при реализации этих задач не используются какие-либо сложные экономико-математические методы и модели, их выполнение на ЭВМ обеспечивает: расширение круга и повышение качества планово-экономической информации, на основе которой принимаются плановые решения; повышение комплексности и улучшение сбалансированности планов за счет возможности учета более широкого круга различных факторов и показателей экономического развития; повышение обоснованности плановых решений за счет их многовариантной проработки с применением ЭВМ; улучшение организации обработки планово-экономической информации и повышение оперативности выполнения расчетов.

По характеру процедур обработки информации выделяются три типа задач: собственно прямые плановые расчеты, информационно-поисковые и справочные задачи (см. рис. 2.1).

Задачи прямых плановых расчетов включают выполнение массовых расчетов по простейшим формулам (типа "норма расхода х объем производства = потребность" или "объем производства в натуральном выражении х цена = объем производства в стоимостном выражении" и т.п.) и реализуются в основном на основе алгоритмов суммирования, агрегирования (дезагрегирования), сопоставления данных и т.п. Так, к задачам прямой обработки данных относятся сводные расчеты объемов производства продукции в натуральном и стоимостном выражении, объемов капитальных вложений и строительно-монтажных работ, объемов видов деятельности и услуг, расчеты потребности в материальных, трудовых и финансовых ресурсах по основным направлениям их использования, расчеты отдельных показателей различных разделов плана, не требующих для своей реализации применения специальных математических методов.

Информационно-поисковые задачи основываются на выборке, сортировке, группировке и табулировании входной информации. К информационно-поисковым задачам относятся, например, процедуры сортировки планово-экономических показателей по различным приз-

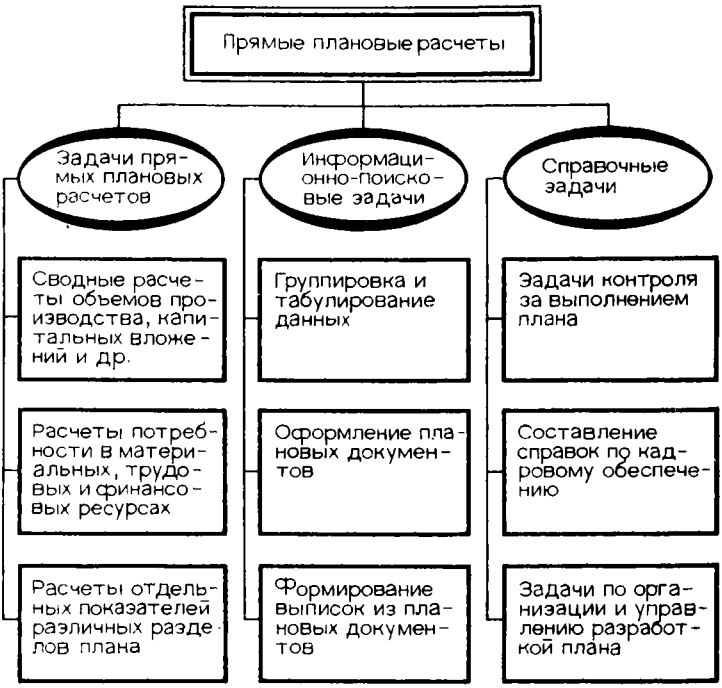

Рис. 2.1. Состав прямых плановых расчетов

накам (министерство, отрасль, территория, период времени и др.), сведения их в таблицы заданного вида (табулирование), оформление с использованием накапливаемых или введенных в ЭВМ данных плановых документов и формирование по хранящимся в ЭВМ данным выписок или извещений из планов с целью их доведения внешним организациям (министерствам, ведомствам и т.д.).

Справочные задачи близки по характеру к информационно-поисковым задачам, однако они существенно отличаются по своему функциональному назначению и содержательному смыслу. К ним относятся задачи по подготовке справок о ходе выполнения государственного плана, справок по кадровым вопросам, справок по прохождению плановых документов и выполнению поручений руководства и др. При этом если задачи контроля за ходом выполнения плана решаются в соответствующих функциональных подсистемах АСПР, то остальные задачи реализуются в обеспечивающих подсистемах – кадрового обеспечения и управления функционированием АСПР.

Эффективность выполнения на ЭВМ задач прямой обработки данных значительно повышается в случае объединения отдельных задач в крупные информационно-вычислительные комплексы, охватывающие взаимосвязанные расчеты и имеющие в своей основе автоматизированные информационные базы данных.

2.2. ЗАДАЧИ ПРЯМОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ АВТОМАТИЗАЦИЮ ТЕХНОЛОГИИ СВОДНОГО НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Проводимые в настоящее время с помощью методов и средств АСПР плановые расчеты в основном охватывают все этапы разработки исходных данных для формирования пятилетних планов, включая расчеты по анализу и контролю за ходом реализации планов, определению ожидаемого их выполнения; расчеты для обоснования исходных данных: контрольных цифр, государственных заказов, долговременных стабильных экономических нормативов и лимитов, сводно-аналитические расчеты, обеспечивающие анализ предложений, представляемых в Госплан СССР министерствами, ведомствами и союзными республиками; расчеты, обеспечивающие выпуск готовых плановых документов в машинном исполнении.

Внедрение[1] задач обработки данных в технологию планирования направлено на обеспечение взаимной увязки расчетов баланса народного хозяйства, межотраслевых балансов, сводных расчетов плана производства, расчетов материальных балансов, балансов основных фондов, производственных мощностей и капитальных вложений, финансовых и трудовых ресурсов, расчетов показателей потребности в продукции отраслей, планов производства и его обеспечения материальными, трудовыми и финансовыми ресурсами в соответствии с научно обоснованными нормами и нормативами их расхода и использования. В результате возросла эффективность труда специалистов отделов, расширены их возможности в обработке больших массивов информации, оптимизации плановых решений, многовариантности разработки плановых проектировок.

Автоматизация обработки данных в процессе расчетов сводных показателей плана обеспечивает согласование показателей по всем разделам народнохозяйственного плана. Расчет сводных показателей плана социального и экономического развития позволяет рассчитывать объемы производства, направления использования основных видов продукции и источники ресурсного обеспечения плана, резервы материальных, трудовых и финансовых ресурсов, а также производственных мощностей и основных производственных фондов, формировать планы развития межотраслевых комплексов, отраслей, хозяйств подведомственных Советам Министров союзных республик, крупных экономических районов; определять пути решения крупных социально-экономических

[1] Внедрение автоматизированной системы в технологию планирования есть поэтапный процесс освоения комплексов планово-экономических расчетов. Состав и содержание задач непрерывно изменяются в зависимости от изменения методики и организации планирования, развития обеспечивающих средств. В данной главе описаны комплексы расчетов, внедренные к моменту завершения разработки второй очереди АСПР. Эти задачи были использованы при обосновании XII пятилетнего плана, годовых заданий на 1987 - 1988 гг.

проблем и реализации основных направлений научно-технического прогресса.

Так, обеспечивается машинная обработка всей планово-экономической информации к проекту плана производства в промышленности на всех этапах его разработки.

На предварительной стадии разработки проекта плана на ЭВМ обрабатывается статистическая информация. Эти расчеты позволяют сформировать базу для оценки качества предложений министерств и ведомств Советов Министров союзных республик по важнейшим сводным показателям или контрольным цифрам, которые будут представлены в процессе разработки проекта плана.

Кроме того, на этом этапе в ГВЦ Госплана СССР осуществляется формирование унифицированных форм плановой документации. При этом каждый адресат имеет свой структурный состав показателей, характеризующий деятельность министерств, ведомств, Советов Министров союзных республик. Формирование на ЭВМ и выдача унифицированных форм сделали возможными автоматизацию обработки очень большого объема ранее неподдающихся формализации расчетов к проектам плана экономического и социального развития страны и обеспечение выпуска в машинном исполнении плановых показателей промышленности в разрезе министерств и отраслей для режимов пятилетнего и текущего планирования. Одновременно по соответствующему разделу плана выдаются аналитические таблицы, позволяющие сравнивать предложения министерств и ведомств, Советов Министров союзных республик с показателями пятилетнего плана.

На стадии разработки проекта плана осуществляются расчеты основных показателей проекта плана промышленности, таких, например, как план производства товарной, реализованной продукции, план производства важнейших видов продукции в натуральном выражении, продукции высшей категории качества, численность рабочих и служащих, фонд заработной платы, объемы капитальных вложений, ввод в действие и прирост производственных мощностей, удельные капитальные вложения на 1 руб. прироста товарной продукции и др. Кроме того, рассчитываются показатели, отражающие эффективность воспроизводства. Среди них фондовооруженность и фондоотдача, рост производительности труда, затраты на 1 руб. товарной продукции, прибыль от промышленной деятельности и др. Отдельно выполняются расчеты показателей, характеризующих охрану окружающей среды.

После обоснования проекта плана по промышленности на базе накопленной информации обеспечивается формирование выписок из плана экономического и социального развития по министерствам и ведомствам СССР, Советам Министров союзных республик.

Автоматизация расчетов к плану по капитальному строительству позволила перевести на машинную технологию все этапы обработки информации от контроля представляемых материалов до

формирования выписок министерствам и ведомствам по утвержденному кругу показателей.

В целях совершенствования планирования капитальных вложений создана система обработки и ведения массива данных о вводе в действие производственных мощностей по стройкам и объектам. Система позволяет:

постоянно хранить на магнитных носителях массив показателей ввода в действие производственных мощностей по стройкам и объектам, включенным в проект пятилетнего плана по министерствам, ведомствам, осуществляющим строительно-монтажные работы;

формировать перечни строек, включаемых в проект годового плана, плана на год, последующий за планируемым, а также квартальные планы;

вносить в массив поправки, возникающие при согласовании проектов перечней строек по объемам, срокам и исполнителям ввода в действие мощностей с отраслевыми и сводными отделами капитальных вложений;

формировать представляемые на утверждение перечни строек, включенные в планы.

На каждой стадии работы над планом система выдает в оперативном режиме перечни строек и сводные данные о вводе в действие производственных мощностей и объектов за счет государственных капитальных вложений по министерствам, осуществляющим строительно-монтажные работы в отраслевом и территориальном разрезах.

По окончании согласования перечней строек (на стадии проекта и утверждения плана) система выполняет расчет сводного плана ввода в действие производственных мощностей за счет расширения действующих, строительства новых предприятий и прироста производственных мощностей за счет реконструкции действующих предприятий по государственным капитальным вложениям по министерствам и ведомствам, осуществляющим строительно-монтажные работы, а также выписки из этого плана.

Система осуществляет также контроль за вводом в действие производственных мощностей и объектов, включенных в план. С этой целью в ЭВМ вводятся отчетные данные о каждом объекте и мощностях, введенных в действие за каждый отчетный месяц.

В результате система осуществляет по требованию заказчика расчет и выдачу данных о выполнении плана ввода в действие производственных мощностей и объектов нарастающим итогом на конец каждого отчетного месяца, сопоставляет уточненный план ввода в действие производственных мощностей с отчетными данными и выдает перечень строек, объектов и мощностей, не введенных в действие в отчетном году и подлежащих дополнительному включению в план будущего периода по министерствам, ведомствам, осуществляющим строительно-монтажные работы.

Автоматизация плановых расчетов при формировании проектов плана проектно-изыскательских работ и работ

проектных организаций, объемов законченной и принятой проектной продукции.

Указанные балансы служат инструментом увязки и согласования объемов проектно-изыскательских работ, заказываемых министерствами и ведомствами, с возможностями министерств и ведомств – исполнителей проектных и изыскательских работ по каждому источнику финансирования.

Результатом расчетов на ЭВМ является ряд последовательно выдаваемых "шахматных балансов разногласий". После снятия разногласий в Госплане СССР, ввода соответствующих поправок на ЭВМ и проведения контроля всех итоговых данных балансов накопленные на машинных носителях данные служат базой для расчетов проекта плана проектно-изыскательских работ и работ проектных организаций, а также проекта плана по объему законченной и принятой заказчиками проектной продукции.

Для планирования проектно-изыскательских работ создана информационно-вычислительная система, в основу которой положены титульные списки проектно-изыскательских работ для строительства будущих лет по вновь начинаемым стройкам. На базе этой системы функционируют две информационно-вычислительные системы:

информационная система по стройкам производственного назначения стоимостью 4 млн. руб. и выше;

информационная система по стройкам непроизводственного назначения, вновь начинаемым строительством.

Обе системы работают в оперативном режиме, ежемесячно вводят поправки и выдают по требованию специалистов Госплана СССР сводные данные и группировки показателей, находящихся в массивах данных строек по различным признакам в отраслевом, территориальном и адресном разрезах.

2.3. ЗАДАЧИ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В СВОДНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОМ ПЛАНИРОВАНИИ

Основное назначение данного класса задач состоит в расчете и обосновании показателей по себестоимости и прибыли, показателям социального развития, внешнеэкономическим связям и другим функциональным разрезам плана.

В целях совершенствования технологии разработки и контроля за выполнением плановых показателей по себестоимости и прибыли обеспечена автоматизация формализованных процедур на всех этапах разработки данного раздела плана.

На стадии основных направлений пятилетнего плана и долгосрочную перспективу на основе расчетов темпов роста, основных пропорций и показателей развития народного хозяйства выполняются вариантные прогнозы динамики затрат.

Определение контрольных цифр по динамике затрат по отраслям промышленности и народного хозяйства осуществляется на основе варианта расчетов основных показателей развития народного хозяйства, соответствующего наиболее эффективному использованию производственных ресурсов при решении поставленных социальных и экономических задач плана. Исходя из полученной динамики затрат формируются контрольные цифры по снижению себестоимости в адресном разрезе, ориентирующие разработку министерствами и ведомствами пятилетнего плана на достижение уровня эффективности использования ресурсов, предусмотренного в расчетах основных направлений развития народного хозяйства.

Для разработки пятилетних планов и оценки их выполнения по годам пятилетки осуществляются плановые расчеты себестоимости товарной продукции и прибыли от промышленной деятельности. Основу расчетов затрат на производство составляет совокупность рáсчетов себестоимости по элементам затрат и снижения себестоимости по технико-экономическим факторам. На стадии проекта плана на основе данных министерств, ведомств и союзных республик проводятся сводно-аналитические расчеты для анализа и оценки обоснованности министерских и отраслевых проектировок. После их рассмотрения и согласования с расчетами других разделов плана формируется сводный план по себестоимости и прибыли в адресном разрезе. Кроме того, проводятся сводные расчеты прибыли от промышленной деятельности с полным комплексом аналитических расчетов для разработки годовых и пятилетних планов. Аналитические расчеты включают в себя определение влияния изменения объемов производства по министерствам на изменение уровня затрат по промышленности в целом, определение приростных характеристик основных показателей плана (по факторам), оценку отклонения показателей текущих планов от заданий пятилетнего плана на соответствующий год и нарастающим итогом.

Расчеты себестоимости товарной продукции по элементам затрат проводятся по министерствам и ведомствам СССР при разработке лимита материальных затрат в составе пятилетних и годовых планов. Показатель определяется на основе прямого счета в разрезе номенклатуры потребляемых ресурсов на производственные нужды.

Для этого в расчеты включались как централизованно распределяемые ресурсы, так и ресурсы, не распределяемые Госпланом СССР. В результате этой работы ежегодно формируется номенклатура ресурсов для каждого министерства и по промышленности в целом, которая служит базой для определения лимита материальных затрат в режиме текущего планирования.

Для проведения расчетов по лимиту материальных затрат в ГВЦ выдаются с ЭВМ унифицированные формы с перечнем установленной номенклатуры по всем министерствам, ведомствам и союзным республикам. При решении данной задачи наряду с расчетом уровня материальных затрат на 1 руб. товарной продукции и изменения этих затрат по

сравнению с предыдущим годом рассчитываются расход материальных ресурсов в натуральном выражении на 1 млн. руб. товарной продукции, а также экономия, обусловленная снижением норм расхода материальных ресурсов, потребляемых на производственно- и ремонтно-эксплуатационные нужды.

Внедрение задач обработки данных по показателям социального развития народнохозяйственных планов позволило создать единую информационно-вычислительную базу для плановых расчетов. Основой этой базы являются расчеты предположительной численности населения до 2015 г. по СССР, союзным республикам, областям, краям, АССР и городам.

Перспективная численность населения используется прежде всего при проведении экономических прогнозов и плановых расчетов численности трудовых ресурсов страны, их распределения и рационального использования. С учетом состава населения по полу и возрасту выполняется прогноз числа семей и их структуры, необходимой для социального планирования и повышения уровня жизни народа.

Для обоснования проектов планов проводятся вариантные расчеты сводного баланса трудовых ресурсов, а также балансовые расчеты дополнительной потребности в рабочих и служащих по СССР и союзным республикам.

С помощью ЭВМ проводится целая система расчетов, направленных на решение задачи рационального обеспечения потребности народного хозяйства квалифицированными рабочими и специалистами и удовлетворения социальной потребности населения в повышении уровня образования.

На основе данных численности населения в возрасте 6 — 7 лет до 2005 г. базируется расчет численности учащихся и количества классов общеобразовательных школ. Расчет включает в себя показатели приема в 1, 4, 9, 10-е классы; выпуска из 3, 8, 10, 11-х классов; численности учащихся общеобразовательных школ по каждому классу и группам классов, количества классов, средней наполняемости в одном классе.

Проводятся также расчеты численности и охвата детей дошкольными учреждениями, расчеты по вводу в действие детских дошкольных учреждений и общеобразовательных школ в адресном и территориальном разрезах.

Задача обеспечения всеобщего среднего образования молодежи и получения ею профессии после окончания общеобразовательных школ решается с помощью балансового расчета распределения молодежи на учебу и работу. Полученные на ЭВМ результаты расчетов по общеобразовательным школам (выпуск учащихся из 8-х и 10-х классов) используются через указанный баланс молодежи при выполнении расчетов к проектам планов приема и подготовки квалифицированных рабочих в ПТУ и специалистов в вузах и техникумах.

Расчеты плана подготовки и выпуска из ПТУ проводятся в разрезе министерств и ведомств и по каждой союзной республике. Они основаны

на определении дополнительной потребности отраслей народного хозяйства в квалифицированных рабочих, данных о расширении сети учебных заведений системы Гособразования СССР и данных о контингентах молодежи, которые могут поступить учиться в ПТУ.

С целью наилучшего обеспечения потребностей экономики кадрами специалистов с высшим и средним специальным образованием составляются планы подготовки и распределения выпускников вузов и техникумов. Заявки на молодых специалистов формируются на основе определения потребности в специалистах. Министерства, ведомства и Советы Министров союзных республик, представляющие заявки на необходимое им количество молодых специалистов, выступают как организации-заявители. Министерства, ведомства и Советы Министров союзных республик, имеющие подведомственные им учебные заведения, представляющие в Госплан сведения о планируемом выпуске специалистов, являются организациями-поставщиками.

Внедрение плановых расчетов по развитию здравоохранения позволило автоматизировать обработку информации на всех этапах формирования проектов планов развития здравоохранения, социального обеспечения, физической культуры и спорта.

Функционирование комплексов взаимоувязанных и последовательно решаемых задач с использованием ЭВМ начинается с контроля за ходом выполнения плана развития сети учреждений здравоохранения. Кроме того, для формирования обоснованных показателей развития здравоохранения осуществляется анализ обеспеченности населения сетью больничных коек и амбулаторно-поликлиническими учреждениями. Указанные расчеты являются исходным пунктом для определения дополнительной потребности в развитии сети учреждений здравоохранения в территориальном разрезе и по ведомственной подчиненности.

Для обеспечения реализации планов развития сети учреждений проводится комплекс планово-экономических расчетов по капитальному строительству, включающий контроль за ходом выполнения плана капитальных вложений; определение потребности в капитальных вложениях и строительно-монтажных работах, расчет технологической структуры капитальных вложений; распределение объемов капитальных вложений и строительно-монтажных работ, планов ввода в действие в адресном разрезе; расчет показателей капитального строительства объектов здравоохранения в территориальном разрезе; анализ показателей проекта плана капитальных вложений.

Автоматизация данного комплекса расчетов обеспечивает формирование плановых показателей инвестиционного процесса в здравоохранении, обеспечивающего развитие этой отрасли.

Кроме того, осуществляются расчеты сводных показателей проекта плана по числу врачебных должностей на основе анализа исходного уровня обеспеченности населения врачами и принятых нормативов потребности во врачебных должностях. На основе анализа исходного уровня обеспеченности учреждений здравоохранения санитарными автомоби-

лями осуществляются расчеты потребности и проект плана распределения санитарных автомобилей.

Все перечисленные комплексы расчетов осуществляются на основе использования фонда нормативной информации подсистемы, включающего нормативы потребности в больничных, амбулаторно-поликлинических, аптечных, санаторно-курортных и туристских учреждениях, учреждениях отдыха и социального обеспечения, в медицинских и фармацевтических кадрах, нормативы развития физической культуры и спорта, нормативы и нормы капитального строительства, нормы оснащения учреждений здравоохранения санитарными автомобилями.

Разработка задач обработки данных по развитию отрасли "К у л ь т у р а" позволила автоматизировать все основные формализованные процедуры, используемые при обосновании следующих показателей: развитие сети клубных учреждений и массовых библиотек, киноустановок, театров, концертных залов, музеев, парков культуры и отдыха, музыкальных, художественных и хореографических школ; число мест в стационарных киноустановках, профессиональных театрах и концертных залах; количество зрителей, обслуживаемых киноустановками; объем реализации услуг культуры; объем передач телевидения и радиовещания; производство фильмов; показатели деятельности промышленных предприятий курируемых министерств и ведомств; объем реставрационно-ремонтных работ памятников истории и культуры; объем капитальных вложений на развитие объектов культуры и средств массовой информации; проект плана по важнейшим показателям деятельности промышленных предприятий Госплана СССР и Минкультуры СССР.

Таким образом, на основе средств и методов АСПР формируются показатели планируемых значений объема и мощности сети учреждений здравоохранения и культуры, объемов капитальных вложений и строительно-монтажных работ, ввода в действие мощностей объектов по этим отраслям.

В целях совершенствования методов и технологии п л а н и р о в а н и я в н е ш н е э к о н о м и ч е с к и х с в я з е й, обоснования мероприятий по экономическому сотрудничеству с зарубежными странами, улучшения контроля за реализацией плановых заданий и принятых обязательств в области внешнеэкономического сотрудничества на ЭВМ осуществляется обработка около 70 % плановой и отчетной информации по соответствующему разделу плана. Это позволило автоматизировать расчетные операции при составлении основных разделов плана по внешней торговле Министерства внешнеэкономических связей СССР, а также обеспечить обработку статистической отчетности по внешней торговле и неторговым операциям. В результате стало возможным получение на ЭВМ не только приложений к Государственному плану экономического и социального развития СССР, но и оперативных аналитических материалов, позволяющих более обоснованно принимать плановые решения.

Так, в Госплане СССР, а также в ряде управлений МВЭС СССР выполняется комплекс расчетов импорта машин и оборудования. Эксплуатация комплекса обеспечивает оперативное получение аналитических таблиц распределения импортного оборудования по министерствам-заказчикам, организациям-фондораспределителям, странам-экспортерам, по видам платежей (кредиты) и категориям поставки. В рамках комплекса поддерживается необходимая нормативная информация, позволяющая производить пересчеты из внешнеторговых цен в оптовые цены промышленности, и формируются необходимые данные для построения натурально-стоимостного баланса оборудования и плана распределения оборудования. Выполнение расчетов по экспорту машин и оборудования позволяет формировать одновременно два разреза плана экспорта машин и оборудования: определение заданий министерствам и ведомствам по номенклатуре и объемам поставки; распределение выделенных фондов по странам-импортерам с определением сводных стоимостных показателей по стране, группе стран и по всему объему поставок.

При разработке и согласовании плана поставок оборудования и материалов для объектов, строящихся за рубежом при техническом содействии Советского Союза, проводятся расчеты по определению потребностей в ресурсах. Кроме того, выполняются расчеты по стоимостной оценке строительства, других видов содействия, включая и техническую помощь по зарубежным объектам по всем видам внешнеторговых расчетов, что сократило сроки выполнения расчетов, обеспечило стоимостную (валютную) оценку результатов деятельности МВЭС СССР.

Автоматизация расчетов по сводному плану экспорта и импорта товаров дала возможность формировать натуральные и стоимостные показатели сводного плана экспорта и импорта товаров по согласованной Госпланом СССР и МВЭС СССР номенклатуре сырьевых ресурсов и товаров народного потребления, насчитывающей около 3 тыс. позиций. Создание этой системы позволило: проводить расчеты доходов и расходов от экспорта и импорта товаров для составления сводного финансового баланса народного хозяйства в отделе финансов Госплана СССР, а также определять ряд показателей, используемых в Госплане СССР при расчете национального дохода, валового общественного продукта и других показателей; определять стоимостную оценку экспорта и импорта товаров по отраслям народного хозяйства в валютных рублях и внутренних ценах; осуществлять регулярные расчеты экономической эффективности; формировать проект плана перевозок внешнеторговых грузов на основе информации сводного плана экспорта и импорта товаров.

Комплекс расчетов по сводному плану экспорта и импорта товаров по странам является ядром межподсистемных расчетов, обеспечивающих автоматизацию формализованных плановых процедур при разработке сводного финансового баланса, баланса общественного продукта, плана перевозок внешнеторговых грузов.

Так, на основе средств и методов АСПР сформирован на принципиально новой технологической и информационной основе комплекс расчетов проекта плана перевозок и валютных поступлений от перевозок экспортно-импортных грузов. В рамках комплекса создан и оперативно поддерживается массив нормативно-справочной информации, обеспечивающий взаимосвязь номенклатуры сводного плана экспорта-импорта товаров с номенклатурой грузов, определенных МВЭС СССР, Госпланом СССР, Минморфлотом СССР. В результате этой работы Госплан СССР, МВЭС СССР и Минморфлот СССР получили возможность осуществлять уточнение плана перевозок на базе изменений, происходящих в процессе разработки сводного плана экспорта и импорта товаров.

Задачи обработки данных по обоснованию заданий по специализации и кооперированию производства со странами – членами СЭВ позволили внедрить автоматизированную технологию обработки плановой информации, включающую следующие этапы: формирование заданий министерствам и ведомствам, вытекающих из заключенных межправительственных соглашений; рассылка заданий министерствам и ведомствам; сбор предложений министерств и ведомств к проекту плана по специализации и кооперированию; ввод и накопление информации; расчеты проекта плана; согласование и корректировка исходной информации; формирование плана; запись утвержденного плана на магнитную ленту в форматах фотонаборной машины; формирование выписок из плана и рассылка их министерствам и ведомствам.

2.4. ЗАДАЧИ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ КОМПЛЕКСА НОРМАТИВНО-БАЛАНСОВЫХ РАСЧЕТОВ

В целях совершенствования системы нормативной информации для разработки государственных планов и контроля за ходом их выполнения в ГВЦ разработан информационно-вычислительный комплекс расчетов показателей планов производства, капитального строительства и их обеспечения материально-техническими ресурсами на основе единой нормативной базы. В данном комплексе задач используются процедуры обработки данных, относящиеся к прямым плановым расчетам, а также процедуры информационно-поискового или справочного характера.

Объединение задач в комплексы осуществляется в соответствии с технологией формирования исходных данных планирования, в частности при обосновании лимитов.

Комплекс балансовых расчетов материально-технического обеспечения направлен на уточнение годовых заданий пятилетнего плана и объемов выделяемых ресурсов, необходимых для их реализации с учетом хода выполнения пятилетнего плана.

Балансовые расчеты совместно с формируемой на ЭВМ нормативной базой представляют собой основу для сбалансирования расчетов показа-

телей планов производства, капитального строительства и обеспечения их необходимыми материально-техническими ресурсами.

Функционирование комплекса балансовых расчетов начинается с формирования на ЭВМ нормативной базы расхода материальных ресурсов в основном производстве, капитальном строительстве и на ремонтно-эксплуатационные нужды. На основе сформированной нормативной базы выполняются многовариантные расчеты по основным направлениям их использования с учетом планируемой структуры производства, капитального строительства, основных производственных и жилищных фондов в разрезе отраслей народного хозяйства и промышленности, а также министерств, ведомств и союзных республик. На основе результатов расчетов потребности в материальных ресурсах по основным видам деятельности, расчетов фактического расхода ресурсов, осуществляемых с учетом итогов переписи остатков и фактической поставки за отчетный год, показателей переходящих запасов, а также оценки ненормируемой потребности в материальных ресурсах на планируемый год осуществляются расчеты и формируются планы распределения и выписки из них по фондодержателям.

Комплекс балансовых расчетов ориентирован на охват основных видов сырья, материалов, топливно-энергетических ресурсов номенклатуры Госплана СССР, для которых разрабатываются материальные балансы и планы распределения.

Рассмотрим основные комплексы задач.

Комплекс расчетов по формированию и ведению нормативной базы расхода материальных ресурсов и определению потребности в сырье, материалах, топливе и энергии на производство продукции разработан в целях обоснования потребности в материальных ресурсах для комплексного обеспечения планов развития отраслей, улучшения сбора нормативных данных от министерств, ведомств СССР и госпланов союзных республик, подготовки на ЭВМ документов, необходимых для анализа прогрессивности норм и нормативов и эффективности использования ресурсов, организации ведения на ЭВМ нормативных и плановых показателей.

С помощью аналитических таблиц, сформированных на ЭВМ, осуществляется проверка выполнения плановых заданий по среднему снижению норм расхода материальных ресурсов по министерству, ведомству СССР, союзной республике, определения экономии материальных ресурсов за счет снижения норм; определение сводных показателей, характеризующих уровень использования конкретных видов материальных ресурсов, выявление путей выполнения плановых заданий по среднему снижению норм расхода.

Данный комплекс расчетов обеспечивает выполнение аналитических расчетов в целях предоставления плановому работнику только тех показателей, которые должны подвергаться наиболее тщательному анализу, позволяет выявлять тенденции изменения нормативной базы, которые наиболее существенно влияют на эффективность использования

материальных ресурсов в промышленном производстве, тем самым освободив плановых работников от необходимости просмотра всей поступившей нормативной информации.

Кроме того, данный комплекс расчетов обеспечивает подготовку на ЭВМ первичных документов с базовыми показателями для министерств, ведомств, союзных республик и отделов Госплана СССР, выполнение формально-логического контроля исходных данных, ведение различных вариантов планов производства и нормативных показателей за ряд лет.

Данный комплекс состоит из отдельных задач, ориентированных на группы материальных ресурсов. При этом в задачу объединяются ресурсы, обладающие общей спецификой обработки соответствующих данных. Перечень задач по отдельным ресурсам может поэтапно наращиваться по мере подготовленности их к обработке на ЭВМ.

В процессе функционирования комплекса на основе предварительно обработанных на ЭВМ исходных данных определяются следующие показатели:

потребность в материальных ресурсах (полная), по сопоставимой номенклатуре продукции, в том числе по сниженным, увеличенным, оставленным на уровне нормам расхода, по снятой с производства или по новой продукции;

суммарная масса (суммарный чистый вес) материала по всей продукции, по сопоставимой номенклатуре, в том числе снятой с производства или новой продукции;

общее количество норм расхода, в том числе сниженных, увеличенных, оставленных на уровне, по снятой с производства или по новой продукции;

средневзвешенные (групповые) и отраслевые нормативные показатели;

экономия за счет снижения норм расхода (увеличение расхода) в абсолютном и процентном выражении;

производственные отходы и потери;

коэффициенты использования материальных ресурсов;

изменение норм, масс, отходов и потерь, коэффициентов использования материальных ресурсов за два года (два варианта).

Перечисленные показатели рассчитываются по всем ресурсам в разрезе конкретных видов продукции, отраслей, фондодержателей и СССР в целом.

Печать результатов расчетов обеспечивает выдачу с ЭВМ расчетно-аналитических документов, необходимых для работы специалистов отделов Госплана СССР.

Схема функционирования данного комплекса прямых плановых расчетов в виде последовательности формализованных процедур показана на рис. 2.2.

В процессе решения данного комплекса задач могут быть получены с ЭВМ следующие выходные документы: сводно-аналитические результа-

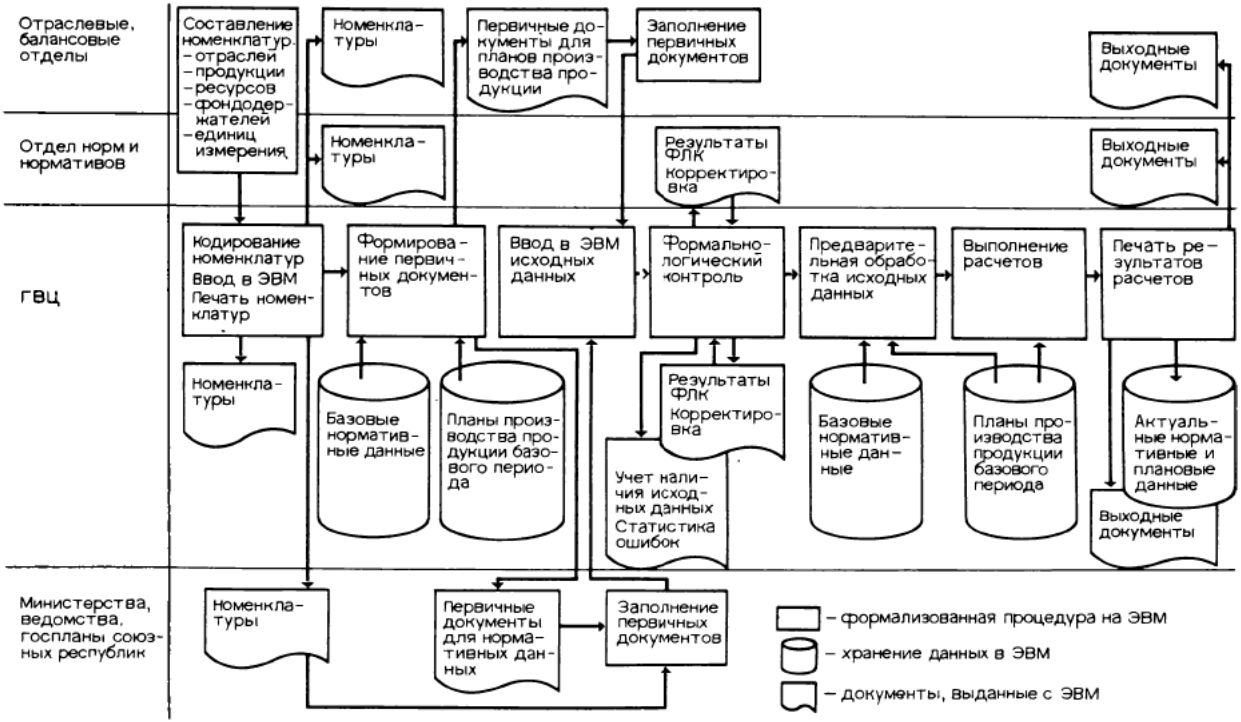

Рис. 2.2. Схема функционирования комплекса задач

ты пересмотра нормативных показателей; результаты расчетов для анализа нормативных показателей; результаты расчетов потребности в материальных ресурсах.

В целях повышения сбалансированности плановых показателей обеспеченности строительно-монтажных работ выделяемыми материально-техническими ресурсами разработан комплекс расчетов по формированию нормативной базы и определению потребности в материальных ресурсах на капитальное строительство. В Госплане СССР начиная с 1983 г. осуществляется введение нормативной базы, обеспечивающей привязку выполняемых объемов строительно-монтажных работ и индивидуальных норм расхода материальных ресурсов на 1 млн. рублей сметной стоимости к реальным стройкам и объектам, для которых планируется выделение ресурсов. В рамках данного комплекса сформирован на ЭВМ информационный фонд строек и объектов, строительство которых осуществляется за счет государственных капитальных вложений, средств жилищно-строительных кооперативов, общественных организаций и колхозов (более 100 тыс. строек и объектов). По каждой стройке, объекту в ЭВМ хранятся и обновляются показатели полной сметной стоимости строительно-монтажных работ, фактически выполненного объема строительно-монтажных работ с начала строительства, в том числе в году, предшествующем текущему, объема строительно-монтажных работ по уточненному плану текущего года. Кроме того, осуществлена привязка строек, объектов и их показателей к заказчикам, подрядчикам, районам и населенным пунктам СССР, к нормам расхода более 100 видов материалов и изделий на 1 млн. руб. сметной стоимости строительно-монтажных работ и к нормам продолжительности строительства.

В производимых расчетах по формированию нормативной базы и определению потребности на основе объектных норм и коэффициентов, учитывающих региональные факторы, для каждого строящегося объекта определяется расход ресурсов на 1 млн. руб. сметной стоимости строительно-монтажных работ с учетом местных условий, изменения сметной стоимости по районам страны и характера строительства. Полученные потребности по стройкам и объектам используются для расчета средних норм расхода материальных ресурсов с учетом их экономии по министерствам, ведомствам и союзным республикам, осуществляющим строительно-монтажные работы.

Применение данного подхода при формировании нормативной базы и определении потребности в ресурсах на капитальное строительство позволило исключить погрешности в расчетах, которые основывались на использовании усредненных исходных данных. Такая детализация в расчетах на уровне Госплана СССР позволила повысить обоснованность нормативной базы за счет более точного учета региональных факторов, воспроизводственной структуры капитальных вложений и строительно-монтажных работ, а также изменения сметной стоимости строительства по районам страны.

Комплекс расчетов по формированию нормативной базы и определению потребности в материально-технических ресурсах на ремонтно-эксплуатационные нужды предназначен для обеспечения материальными ресурсами работ по содержанию и капитальному ремонту основных производственных жилищных фондов и орудий труда и включает следующие расчеты: формирование нормативной базы и определение потребности в материалах на ремонт и эксплуатацию основных фондов (45 видов материалов); формирование нормативной базы и определение потребности в материалах на ремонт и эксплуатацию жилищного фонда (72 вида материальных ресурсов); формирование нормативной базы и определение потребности в материалах на ремонт и эксплуатацию орудий труда (41 вид материальных ресурсов).

В рамках комплекса проводится ряд аналитических расчетов, которые позволяют осуществить анализ рассчитываемых нормативных показателей потребности в материальных ресурсах, выявлять причины их повышения (снижения), определять фактический уровень обеспечения работ материальными ресурсами в сопоставлении с расчетной потребностью и др.

В расчетах по жилищному фонду кроме отраслевого и адресного разрезов реализован территориальный аспект. Осуществляются расчеты потребности в материально-технических ресурсах на эксплуатацию и ремонт жилищного фонда в разрезе территориальных органов Госснаба СССР. Результаты расчетов передаются в Госснаб СССР и используются для выделения ресурсов на местах.

В комплекс балансовых расчетов входят и задачи по определению фондов выделяемых ресурсов и выпуску плана материально-технического обеспечения.

Выпуск плана материально-технического обеспечения в машинном исполнении позволил повысить оперативность подготовки плановых документов, сохранить трудозатраты специалистов Госплана СССР на техническую подготовку документов, высвободив тем самым время для аналитической работы.

К числу основных результатов работы по созданию и внедрению комплекса балансовых расчетов можно отнести создание общей концепции использования средств вычислительной техники в процессе планирования, распределения и использования материальных ресурсов, разработку принципов и подходов взаимодействия отделов Госплана СССР с министерствами, ведомствами СССР и госпланами союзных республик, создание и ведение на ЭВМ крупных информационных фондов, обеспечивающих проведение необходимых расчетов.

Комплекс балансовых расчетов для пятилетнего режима планирования для формирования нормативной базы и определения потребности народного хозяйства на пятилетний период (по годам) в важнейших видах материально-технических ресурсов по основным направлениям использования охватывает: производство продукции, капитальное строительство, ремонтно-эксплуатационные нужды, а также формирование на

ЭВМ однопродуктовых балансов сырья, материалов, топлива, энергии и продукции машиностроения в соответствии с установленной номенклатурой центрального комплекса задач на основе расчетов натурально-стоимостного межотраслевого баланса.

Расчеты по формированию нормативной базы и определению потребности народного хозяйства в важнейших видах материальных ресурсов на пятилетний период осуществляются на основе норм базового года с учетом планируемой по годам пятилетки структуры производства, строительно-монтажных работ, основных производственных и жилищных фондов.

В процессе вариантных расчетов получаемые показатели увязываются с соответствующими показателями однопродуктовых балансов, формируемыми на основе натурально-стоимостного межотраслевого баланса.

Литература к главе 2

1. Агропромышленный комплекс // Вопросы создания АСПР. ГВЦ Госплана СССР. 1984. № 63.
2. Безруков В.Б. Использование экономико-математических методов при планировании труда. М.: Экономика, 1976.
3. Вопросы создания и развития подсистемы "Высшее и среднее образование"// Вопросы создания АСПР. ГВЦ Госплана СССР. 1985. № 66.
4. Использование экономико-математических методов и вычислительной техники при разработке проектов планов развития химической и нефтехимической промышленности в условиях АСПР//Вопросы создания АСПР. ГВЦ Госплана СССР. 1985. № 70.
5. Лебединский Н.П. Основы автоматизации плановых расчетов. М.: Экономика, 1982.
6. Планирование себестоимости, прибыли и финансов в условиях АСПР //Вопросы создания АСПР. ГВЦ Госплана СССР. 1981. № 42.
7. Подсистема "Наука и техника" // Вопросы создания АСПР. ГВЦ Госплана СССР. 1984. № 62.
8. Проблемы создания второй очереди подсистемы АСПР "Территориальное планирование и размещение производительных сил" //Вопросы создания АСПР. ГВЦ Госплана СССР. 1983. № 58.
9. Проблемы проектирования и внедрения второй очереди подсистемы АСПР "Здравоохранение" // Вопросы создания АСПР. ГВЦ Госплана СССР. 1981. № 41.
10. Проблемы проектирования и внедрения второй очереди подсистемы "Охрана природы"// Вопросы создания АСПР. 1981. № 43.
11. Разработка и внедрение подсистем АСПР "Транспорт" и "Связь , радиовещание и телевидение" //Вопросы создания АСПР. ГВЦ Госплана СССР. 1985. №65.
12. Применение экономико-математических методов и моделей в функциональных подсистемах АСПР //Вопросы создания АСПР. ГВЦ Госплана СССР. 1984. № 62.

Глава 3

ЭКОНОМИКО-СТАТИСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

3.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ

Хотя математическая модель может дать лишь приближенное отражение действительности, она обеспечивает строгий подход к выяснению вопросов: существенна ли изучаемая зависимость, в какой форме она проявляется?

Когда говорят о взаимосвязи двух или нескольких показателей (не только в сфере экономики, но и вообще в природе или обществе), то различают две формы связи: функциональную и статистическую. Функциональная зависимость проявляется определенно и точно в каждом отдельном случае, в каждом отдельном наблюдении. Знание функциональных зависимостей позволяет абсолютно точно предсказывать события даже для отдаленного будущего.

Статистическая же зависимость в отличие от функциональной проявляется лишь в общем и среднем и только в массе наблюдений.

Предположим, исследуется зависимость между объемом выпуска некоторой продукции и затратами одного из необходимых ресурсов. Ясно, что такая зависимость существует. Если, например, взять 100 наблюдений данных показателей, то можно проследить, что с ростом затрат данного ресурса выпуск продукции будет увеличиваться. Но для каждого отдельного наблюдения закономерность отнюдь не обязательна, так как на выпуск продукции кроме затрат данного ресурса влияют и многие другие причины (например, затраты других ресурсов).

Построение экономико-статистических моделей позволяет дать количественную характеристику связи экономических показателей и на этой основе осуществлять их прогноз.

Экономические показатели складываются обычно под влиянием множества различных факторов, одни из которых действуют объективно, другие являются результатом сознательной целенаправленной деятельности человека; не исключены и чисто случайные воздействия. Поэтому при изучении поведения экономических показателей чаще всего приходится прибегать к статистическому анализу.

Именно вследствие количественной определенности экономико-статистические модели служат не только средством анализа предшеству-

ющего экономического развития, но и становятся важным инструментом прогнозирования.

Вариационные ряды. Предметом исследования в математической статистике является статистическая совокупность из N однородных элементов (например, N объектов определенной отрасли промышленности). Число N называется *объемом совокупности*. Единица данной совокупности (промышленный объект) характеризуется целым рядом признаков: объемом выпускаемой продукции, числом рабочих, процентом выполнения плана за определенный период и т.д.

Значения, которые принимает исследуемый признак, называют *вариантами*, изменение величины признака при переходе от одной единицы статистической совокупности к другой — *вариацией признака* в данной совокупности.

Если расположить варианты (значения признака) X_i ($i = 1, 2, ..., N$) в убывающем (или возрастающем) порядке и указать, как часто данный вариант встречается, получим *вариационный ряд*.

Число m, показывающее, сколько раз встречается тот или иной вариант, называется *частотой*. Сумма частот равна объему статистической совокупности N. Рассмотрим табл. 3.1.

Таблица 3.1

Добыча угля с объекта в год, млн. т	X_1 100	X_2 75	X_3 50	X_4 30	X_5 20
Частоты	m_1 20	m_2 10	m_3 5	m_4 10	m_5 5

В табл. 3.1 $m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 = N$, $N = 50$.

В общем случае вариационные ряды могут быть двух видов: а) каждый вариант встречается только один раз, т.е. все частоты равны 1: $X_1, X_2, ..., X_n$; $N = n$; б) отдельные значения признака повторяются:

$$\begin{matrix} X_1, X_2, ..., X_n; \\ m_1, m_2, ..., m_n, \end{matrix} \qquad \Sigma_{i=1}^{n} m_i = N.$$

Частоты могут относиться не к отдельному значению признака, а к некоторому интервалу — *интервальный вариационный ряд*. Например, распределение объектов машиностроительной промышленности по проценту выполнения годового плана представлено в виде интервального вариационного ряда в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Процент выполнения плана	94 – 96	96 – 98	98 – 100	100 – 102	102 – 104	104 – 106	106 – 108
Число объектов (частоты)	3	15	20	35	17	10	2
Центральные значения интервалов . . .	95	97	99	101	103	105	107

Обычно вместо интервала рассматривают его центральное значение, а вместо абсолютных значений частот используют относительные величины – частости.

Частость некоторого варианта W_i находится по формуле

$$W_i = \frac{m_i}{\Sigma_{i=1}^{n} m_i}. \qquad (3.1)$$

В табл. 3.1 частость первого варианта $W_1 = 20/50 = 0{,}4$. Сумма всех частостей равна 1.

В интервальном вариационном ряду различают нижнюю $X_{i\,\min}$ и верхнюю $X_{i\,\max}$ границы i-го интервала. Тогда величина i-го интервала равна $k_i = X_{i\,\max} - X_{i\,\min}$.

В табл. 3.2 для первого интервала: $X_{1\,\min} = 94$ %; $X_{1\,\max} = 96$ %, $k_i = 96$ % – 94 % = 2 %. В каждый интервал (например, в первый) попадают варианты, числовые значения которых больше нижней границы (больше 94 %) и меньше или равны верхней (меньше или равны 96 %).

Характеристикой интервального вариационного ряда является плотность распределения признака: отношение частот или частостей к величине интервала.

Абсолютная плотность распределения признака равна

$$f_{A(i)} = \frac{m_i}{k_i}. \qquad (3.2)$$

Относительная плотность распределения признака равна

$$f_{O(i)} = \frac{w_i}{k_i}. \qquad (3.3)$$

В табл. 3.2 $f_{A(1)} = \frac{3}{2}$; $f_{O(1)} = \frac{3/102}{2}$,

где $w_1 = 3/102$; $m_1 = 3$; $\Sigma_{i=1}^{7} m_i = 102$; $k_1 = 2$.

Графические методы изображения вариационных рядов. Полигон распределения строится в прямоугольной системе координат. Величина признака откладывается по оси абсцисс, частоты или частости – по оси ординат. На оси абсцисс отмечаются точки, соответствующие величине вариантов, а из них восстанавливаются перпендикуляры, длина которых соответствует частоте этих вариантов. Вершины ординат соединяются прямыми линиями (рис. 3.1).

Полигоны распределения могут быть применены и для интервальных рядов. В этом случае ординаты, пропорциональные частоте или частости

интервала, восстанавливаются перпендикулярно оси абсцисс в точке, соответствующей середине данного интервала.

Для замыкания кривой крайние точки соединяются соответственно с серединами интервалов, равными первому и последнему из отложенных на оси OX, частоты появления которых равны 0.

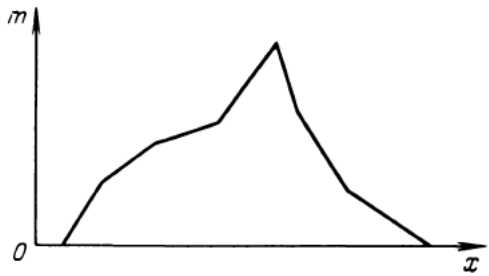

Рис. 3.1. Типичный вид полигона распределения признака

Гистограмма распределения строится аналогично полигону в прямоугольной системе координат. В отличие от полигона при построении гистограммы берут не точки, а отрезки, изображающие интервал, а вместо ординат строят прямоугольники с высотой, пропорциональной частотам или частостям интервала. В случае неравенства интервалов в вариационном ряду гистограмма строится не по частотам, а по плотности интервалов (абсолютной или относительной). При этом общая площадь гистограммы равна численности совокупности, если построение производится по абсолютной плотности, или единице, если по относительной. Если соединить прямыми линиями середины верхних сторон прямоугольников, то получим полигон распределения (рис. 3.2).

Разбивая интервалы на несколько частей и исходя из того, что вся площадь гистограммы должна остаться при этом неизменной, можно получить мелкоступенчатую гистограмму, которая в пределе (за счет уменьшения величины интервала) перейдет в плавную кривую, называемую кривой распределения.

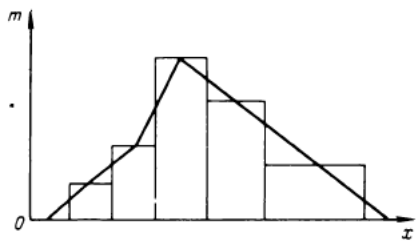

Рис. 3.2. Типичный вид гистограммы распределения признака

Кумулята получается при изображении вариационного ряда с накопленными частотами или частостями. При построении кумуляты дискретного признака на ось абсцисс наносятся значения признака (варианты). Ординатами служат вертикальные отрезки, длина которых пропорциональна накопленной частоте или частости того или иного варианта. Соединяя вершины ординат прямыми линиями, получаем кривую – кумуляту (рис. 3.3).

Средние величины. Средняя величина – одна из важнейших характеристик вариационного ряда. Различают несколько типов средних: арифметическую, геометрическую, гармоническую, квадратическую и т.д. Если средняя вычисляется для ряда, каждый вариант которого встречается только один раз, ее называют простой. Если средняя вычис-

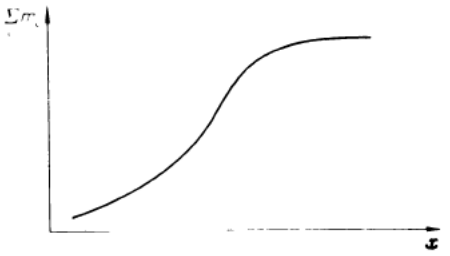

Рис. 3.3. Типичный вид кумуляты распределения признака

ляется для ряда с повторяющимися вариантами, ее называют взвешенной.

Выбор одного из перечисленных типов средних производится не произвольно, а в зависимости от особенностей изучаемого явления и цели, для которой средняя исчисляется. Средняя применена правильно только тогда, когда в результате взвешивания или суммирования получают величины, имеющие реальный смысл.

Все указанные типы средних величин могут быть получены из степенной средней. Если имеется степенной вариационный ряд $X_1^z, X_2^z, \ldots, X_n^z$, то средняя из вариантов может быть получена по формуле простой невзвешенной степенной средней порядка z:

$$\bar{X} = [(\Sigma_{i=1}^{n} X_i^z)/n]^{\frac{1}{z}}. \qquad (3.4)$$

При наличии соответствующих частот $m_1, m_2, \ldots, m_n$ средняя исчисляется по формуле взвешенной степенной средней:

$$\bar{X} = [(\Sigma_{i=1}^{n} X_i^z m_i)/(\Sigma_{i=1}^{n} m_i)]^{\frac{1}{z}}. \qquad (3.5)$$

где $\bar{X}$ – средняя; z – показатель степени, определяющий тип средней; X – варианты; m – частоты.

Невзвешенная средняя арифметическая получается из общей формулы при $z = 1$:

$$\bar{X}_{\text{ар}} = (\Sigma_{i=1}^{n} X_i)/n. \qquad (3.6)$$

Средняя арифметическая взвешенная получается из формулы взвешенной степенной средней при $z = 1$:

$$\bar{X}_{\text{ар}} = (\Sigma_{i=1}^{n} X_i m_i)/(\Sigma_{i=1}^{n} m_i). \qquad (3.7)$$

Для пяти вариантов, приведенных в таблице 3.1:

$$\bar{X}_{\text{ар}} = (\Sigma_{i=1}^{5} X_i m_i)/m_i = \frac{100 \cdot 20 + 75 \cdot 10 + 50 \cdot 5 + 30 \cdot 10 + 20 \cdot 5}{50} = 68.$$

Здесь умножение значения признака на вес и суммирование этих произведений дают общий объем добычи угля на всех объектах, т.е. имеет реальный экономический смысл. $\bar{X}_{\text{ар}}$ показывает средний объем добычи угля на одном объекте.

Таблица 3.3

Распределение машиностроительных объектов по проценту выполнения плана

Процент выполнения плана	Частость в процентах w_i	Центр группы X_i	$X_i - X_0$, $X_0 = 95$	$\frac{X_i - X_0}{K} = X'_i$, $K = 10$	$X'_i \cdot w_i$
40 –50	1	45	–50	–5	– 5
50 –60	3	55	–40	–4	–12
60 –70	11	65	–30	–3	–33
70 –80	14	75	–20	–2	–28
80 –90	18	85	–10	–1	–18
90 –100	25	95	0	0	0
100 –110	15	105	+ 10	1	15
110 –120	7	115	+ 20	2	14
120 –130	4	125	+ 30	3	12
130 –140	2	135	+ 40	4	8

Итого $\Sigma_{i=1}^{10} = 100$ $\Sigma_{i=1}^{10} X'_i w_i = -47$

$$\bar{X}' = (\Sigma_{i=1}^{10} X'_i w_i) / (\Sigma_{i=1}^{10} w_i) = \frac{47}{100} = -0{,}47;\ X_0 = 95;\ K = 10;$$

$$\bar{X} = \bar{X}' \cdot K + X_0 = -4{,}7 + 95 = 90{,}3.$$

При вычислении средней вместо абсолютных значений частот можно использовать относительные величины – частости w, т.е. удельные веса отдельных частот в общей сумме частот:

$$\bar{X}_{ap} = (\Sigma_{i=1}^{n} X_i w_i) / (\Sigma_{i=1}^{n} w_i)$$

или

$$\bar{X}_{ap} = \Sigma_{i=1}^{n} X_i w_i, \text{ если } \Sigma_{i=1}^{n} w_i = 1.$$

Упрощенное вычисление средней арифметической, состоящее в использовании ряда ее свойств, называется методом отсчета от условного нуля и предполагает: вычитание из всех вариантов начала отсчета или ложного нуля (X_0); деление всех вариантов или отклонений вариантов от начала отсчета на общий множитель, содержащийся в них (K); условное принятие центра интервала за значение признака всех единиц в этом интервале.

Формула расчета средней арифметической методом отсчета от условного нуля:

$$\bar{X} = \bar{X}' \cdot K + X_0, \text{ где } X' = \frac{X - X_0}{K}. \qquad (3.8)$$

Пример расчета средней арифметической методом отсчета от условного нуля приведен в табл.3.3.

Средняя гармоническая получается при подстановке в общую формулу степенной средней $z = -1$. Простая средняя гармоническая имеет вид

$$\bar{X}_{\text{гр}} = \frac{n}{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{X_i}}. \tag{3.9}$$

Средняя гармоническая взвешенная имеет вид

$$\bar{X}_{\text{гр}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} m_i}{\sum_{i=1}^{n} \frac{m_i}{X_i}}. \tag{3.10}$$

Средняя гармоническая применяется тогда, когда необходимые веса в исходных данных заданы не непосредственно, а входят сомножителем в один из имеющихся показателей. Например, по отдельным промышленным объектам задана средняя заработная плата одного рабочего ($X_i, i = 1 \div n$).

Требуется найти среднюю заработную плату одного рабочего в отрасли, если по каждому объекту известен фонд заработной платы (M_i, $i = 1 \div n$).

В данном случае средняя заработная плата

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} M_i}{\sum_{i=1}^{n} \frac{M_i}{X_i}},$$

т.е. используется средняя гармоническая, поскольку для каждого объекта задается не число рабочих, а фонд заработной платы, который может рассматриваться как произведение средней заработной платы одного рабочего за некоторый период на число рабочих.

Средняя квадратическая получается при подстановке в общую формулу степенной средней $z = 2$.

Средняя квадратическая простая имеет вид

$$\bar{X}_{\text{кв}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} X_i^2}{n}}. \tag{3.11}$$

Средняя квадратическая взвешенная имеет вид

$$\bar{X}_{\text{кв}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} X_i^2 m_i}{\sum_{i=1}^{n} m_i}}. \tag{3.12}$$

Выпуск промышленной продукции по кварталам

Кварталы	I	II	III	IV
Выпуск промышленной продукции, млн. руб.	10,2	11,1	11,3	12,0

Средняя квадратическая используется в тех случаях, когда варианты представляют собой отклонения фактических величин от их средней арифметической или от заданной нормы, например, для промышленных объектов задают процент отклонения оценок выполнения плана от заданной нормы.

Средняя геометрическая получается при подстановке в общую формулу степенной средней $z = 0$.

Средняя геометрическая простая имеет вид

$$\bar{X}_{\text{ГМ}} = \sqrt[n]{X_1 X_2 \ldots X_n}. \tag{3.13}$$

Средняя геометрическая взвешенная имеет вид

$$\bar{X}_{\text{ГМ}} = \sqrt[\Sigma_{i=1}^{n} m_i]{X_1^{m_1} X_2^{m_2} \ldots X_n^{m_n}} \tag{3.14}$$

Средняя геометрическая используется главным образом при изучении динамики экономических показателей.

Например, расчет средних коэффициентов и темпов роста производится с использованием средней геометрической. На основании данных, приведенных в табл. 3.4, найдем средний квартальный коэффициент роста выпуска промышленной продукции.

Чтобы найти средний квартальный коэффициент роста выпуска промышленной продукции, определяем квартальные коэффициенты роста K_{p_i}, $i = 2 - 4$, которые в данном случае и являются вариантами:

$$K_{p_2} = \frac{11,1}{10,2} = 1,08824;$$

$$K_{p_3} = \frac{11,3}{11,1} = 1,01802;$$

$$K_{p_4} = \frac{12,0}{11,3} = 1,06195.$$

На основе найденных трех квартальных коэффициентов роста рассчитывается средний квартальный коэффициент роста по формуле средней геометрической:

$$\bar{K}_p = \sqrt[3]{1,08824 \cdot 1,01802 \cdot 1,06195} = \sqrt[3]{1,17647} \approx 1,056.$$

Медиана и мода вариационного ряда. В качестве характеристики вариационного ряда применяется м е д и а н а Me – такое значение признака, которое приходится на середину упорядоченного по объему частот вариационного ряда. Медиана обладает тем свойством, что сумма абсолютных величин отклонений вариантов от медианы меньше, чем от другой величины.

Если в вариационном ряду нечетное $(2m + 1)$ число вариантов, то значение признака у варианта $(m + 1)$ медианное: $Me = X_m + 1$. Если в ряду четное число $(2m)$ вариантов, то за медиану принимается одно из срединных значений: X_m или $X_m + 1$.

Пусть задано 9 значений признака X, расположенных в возрастающем порядке:

$X_1\ X_2\ X_3\ X_4\ X_5\ X_6\ X_7\ X_8\ X_9 = 2m + 1$

8 9 11 12 15 16 18 19 21

Требуется найти медиану данного вариационного ряда. Имеется нечетное число вариантов: $2m + 1 = 9$, $m = 4$. Отсюда $m + 1 = 5$, $X_{m+1} = X_5 = 15$ – медианное значение признака.

Рассмотрим другой вариационный ряд с четным числом членов $2m = 12$:

$X_1\ X_2\ X_3\ X_4\ X_5\ X_6\ X_7\ X_8\ X_9\ X_{10}\ X_{11}\ X_{12} = 2m$

8 9 11 12 15 16 18 19 21 23 27 26

В данном случае $m = 6$, поэтому X_6 или X_7 может быть принято за медиану.

Как уже было показано, медиана – это вариант, который делит упорядоченный вариационный ряд на две равные по объему частот группы. В каждой группе аналогично можно найти вариант, делящий ее на две равные по объему частот подгруппы. Такие варианты называют к в а р т и л я м и. Различают нижний и верхний квартили.

Иногда вычисляют и д е ц и л и, т.е. такие варианты, которые делят вариационный ряд на 10 равных по объему частот групп.

Наиболее часто встречающийся в данном вариационном ряду вариант называется м о д о й. Для дискретного ряда мода соответствует варианту с наибольшей частотой.

Вариационные ряды, в которых частоты вариантов, равноотстоящих от средней, равны между собой, называются с и м м е т р и ч н ы м и. Особенностью симметричных вариационных рядов является равенство трех характеристик: средней арифметической, моды и медианы:

$$\bar{X} = Mo = Me.$$

Вариационные ряды, в которых расположение вариантов вокруг средней неодинаково, т.е. частоты по обе стороны от средней изменяются по-разному, называются а с и м м е т р и ч н ы м и или с к о ш е н н ы м и. Различают левостороннюю и правостороннюю асимметрию.

Меры колеблемости признака. Средние величины, характеризуя вариационный ряд одним числом, не учитывают вариацию признака. Для этого применяется ряд способов.

Вариационный размах R – разность между крайними значениями вариационного ряда:

$$R = X_{\max} - X_{\min}. \tag{3.15}$$

Среднее линейное отклонение представляет собой среднюю арифметическую из абсолютных значений отклонений вариантов от средней:

$$\rho = \frac{\Sigma_{i=1}^{n} |X_i - \bar{X}|}{n}; \quad \rho = \frac{\Sigma_{i=1}^{n} |X_i - \bar{X}| m_i}{\Sigma_{i=1}^{n} m_i}. \tag{3.16}$$

Средний квадрат отклонения – дисперсия. Если дисперсию вычисляют для всей совокупности, то ее называют общей дисперсией:

$$\sigma^2 = \frac{\Sigma_{i=1}^{n} (X_i - \bar{X})^2}{n}; \quad \sigma^2 = \frac{\Sigma_{i=1}^{n} (X_i - \bar{X})^2 m_i}{\Sigma_{i=1}^{n} m_i}. \tag{3.17}$$

Таким образом, общая дисперсия есть средняя арифметическая из квадратов отклонений вариантов от их средней арифметической.

Среднее квадратическое отклонение представляет собой квадратный корень из дисперсии:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma_{i=1}^{n} (X_i - \bar{X})^2}{n}}; \quad \sigma = \sqrt{\frac{\Sigma_{i=1}^{n} (X_i - \bar{X})^2 m_i}{\Sigma_{i=1}^{n} m_i}}. \tag{3.18}$$

Учитывая, что среднее линейное отклонение и среднее квадратическое отклонение выражены в тех же единицах измерения, что и варианты, для характеристики колеблемости признака используют относительные показатели – коэффициенты вариации, представляющие собой отношение среднего линейного отклонения или среднего квадратического отклонения к средней, выраженное в процентах (или в долях единицы).

Коэффициент вариации по среднему линейному отклонению

$$V_\rho = \frac{\rho}{\bar{X}} \cdot 100\,\%; \tag{3.19}$$

коэффициент вариации по среднему квадратическому отклонению

$$V_\sigma = \frac{\sigma}{\bar{X}} \cdot 100\,\%. \tag{3.20}$$

Частные дисперсии. Пусть вариационный ряд разбивается на k групп ($j = 1 \div k$). Для каждой j-й группы вариантов вариационного ряда наряду с частной средней $\bar{X}_j$ может быть вычислена и частная дисперсия, или внутригрупповая, σ_j^2.

Невзвешенная частная дисперсия j-й группы

$$\sigma_j^2 = \frac{\sum\limits_{i \in I_j} (X_i - \bar{X}_j)^2}{n_j}; \tag{3.21}$$

взвешенная частная дисперсия j-й группы

$$\sigma_j^2 = \frac{\sum\limits_{i \in I_j} (X_i - \bar{X}_j)^2 m_i}{\sum\limits_{i \in I_j} m_i}, \tag{3.22}$$

где $\bar{X}_j$ – средняя j-й группы; I_j – множество индексов i, входящих в j-ю группу; n_j – число вариантов, входящих в j-ю группу; m_i, $i \in I_j$ – частоты вариантов X_i, входящих в j-ю группу.

Из частных дисперсий может быть найдена средняя, которая обозначается $\overline{\sigma_j^2}$:

$$\overline{\sigma_j^2} = \frac{\sum_{j=1}^{k} \sigma_j^2 n_j}{\sum_{j=1}^{n} n_j}, \tag{3.23}$$

где k – число групп.

Средняя из частных дисперсий служит для характеристики среднего рассеяния признака внутри групп.

Частные средние по группам $\bar{X}_j$ могут не совпадать с общей средней $(\bar{X})$. Мерой колеблемости частных средних вокруг общей средней является межгрупповая дисперсия $\overline{\delta^2}$:

$$\overline{\delta^2} = \frac{\sum_{j=1}^{k} (\bar{X}_j - \bar{X})^2 n_j}{\sum_{j=1}^{k} n_j}. \tag{3.24}$$

Между общей дисперсией, средней из частных дисперсий и межгрупповой дисперсией существует такая связь:

$$\sigma^2 = \overline{\sigma_j^2} + \overline{\delta^2}. \tag{3.25}$$

Моменты распределения – обобщающие характеристики вариационных рядов.

Эмпирический момент k-го порядка находится как отношение суммы произведений k степеней отклонений вариантов от постоянной величины A на частоты к сумме частот:

$$M_k = \frac{\sum_{i=1}^{n} (X_i - A)^k m_i}{\sum_{i=1}^{n} m_i}. \tag{3.26}$$

В зависимости от выбора постоянной величины A различают следующие моменты:

1) Если постоянная величина A равна нулю $(A = 0)$, моменты называются начальными. Тогда начальный момент нулевого порядка получается при $k = 0$:

$$M_0 = \frac{\Sigma_{i=1}^{n} X_i^0 m_i}{\Sigma_{i=1}^{n} m_i} = 1;$$

начальный момент первого порядка получается при $k = 1$:

$$M_1 = \frac{\Sigma_{i=1}^{n} X_i m_i}{\Sigma_{i=1}^{n} m_i} = \bar{X};$$

начальный момент второго порядка получается при $k = 2$:

$$M_2 = \frac{\Sigma_{i=1}^{n} X_i^2 m_i}{\Sigma_{i=1}^{n} m_i} = \bar{X}^2.$$

2) Если A равно не 0, а некоторой произвольной величине X_0 (начало отсчета), то моменты называются начальными относительно X_0.

3) Если за постоянную A взять среднюю $\bar{X}$, то моменты называются центральными M_k. В частности, центральный момент второго порядка равен дисперсии σ^2:

$$M_2 = \frac{\Sigma_{i=1}^{n} (X_i - \bar{X})^2 m_i}{\Sigma_{i=1}^{n} m_i} = \sigma^2.$$

Нормированные моменты. Если среднеквадратическое отклонение σ (корень из второго центрального момента) принять за стандарт, то отношение центрального момента k-го порядка к стандарту в k-й степени будет называться нормированным моментом k-го порядка и обозначаться r_k:

$$r_k = \frac{M_k}{(\sqrt{M_2})^k} = \frac{M_k}{\sigma^k}. \qquad (3.27)$$

Приведем ряд нормированных моментов при различных значениях k:

$k = 1;\ r_1 = 0;$

$k = 2;\ r_2 = 1;$

$k = 3;\ r_3 = \frac{M_3}{\sigma^3};$

$k = 4;\ r_4 = \frac{M_4}{\sigma^4}.$

Нормированные моменты используются при характеристике вариационных рядов.

Третий нормированный момент r_3 называется мерой асимметрии, или косости, вариационного ряда. Знак перед r_3 указывает

на направление асимметрии ряда. Если $r_3 > 0$, то ряд будет с левосторонней скошенностью, при $r_3 < 0$ – с правосторонней скошенностью. В симметричном ряду $r_3 = 0$.

Четвертый нормированный момент называется мерой крутости.

3.2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ВИДОВ ЭКОНОМИКО-СТАТИСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Трендовые модели. Динамическим рядом называют ряд показателей, характеризующих величину какого-либо явления по состоянию в определенные моменты или периоды времени (пример динамического ряда представлен в табл. 3.5).

Таблица 3.5

Выпуск изделий электронной техники (ИЭТ) с 1965 по 1977 г.

Выпуск ИЭТ, усл. ед. \ Годы	1965	1966	1967	1968	1969	1970
Y_t	155,9	186,5	237,6	315,0	305,0	294,4

Продолжение

Выпуск ИЭТ, усл. ед. \ Годы	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Y_t	293,7	298,7	354,8	393,7	422,0	413,3	364,0

Закономерность изменения во времени уровней ряда Y_t (значений показателя в каждый момент или период времени t) скрыта случайными отклонениями. Поэтому возникает необходимость выравнивания динамических рядов – нахождения тренда, основного направления развития явления во времени.

Рассмотрим некоторые характерные приемы выравнивания динамических рядов.

Выравнивание динамических рядов с использованием среднего абсолютного прироста. Абсолютным приростом A_t динамического ряда называют разность между последующим уровнем ряда и предыдущим:

$$A_t = Y_t - Y_{t-1}, t = 2, 3, ..., N. \quad (3.28)$$

Число абсолютных приростов ряда на единицу меньше числа уровней и, следовательно, равно $(N - 1)$, где N – число уровней динамического ряда.

Средний абсолютный прирост $\bar{A}$ динамического ряда определяется по формуле

Таблица 3.6

Выпуск ИЭТ \ Годы	1965	1966	1967	1968	1969	1970
Y_t	155,9	173,2	190,5	207,8	225,1	242,9

Продолжение

Выпуск ИЭТ \ Годы	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Y_t	259,7	277,0	294,3	311,6	328,9	346,2	363,5

$$\bar{A} = \frac{(Y_2 - Y_1) + (Y_3 - Y_2) + \ldots + (Y_N - Y_{N-1})}{N-1} = \frac{Y_N - Y_1}{N-1}. \quad (3.29)$$

Расчетный уровень ряда $\bar{Y}_t$ в момент t, полученный с использованием среднего абсолютного прироста:

$$\bar{Y}_t = Y_1 + (t-1)\bar{A};\ t = 1, 2, \ldots, N. \quad (3.30)$$

Таким образом, найденный средний абсолютный прирост позволяет путем последовательного прибавления его к первому уровню найти последующие уровни, отличающиеся от фактических тем, что они вычислены в предположении их плавного возрастания (или убывания).

Для динамического ряда, представленного в табл. 3.5, средний абсолютный прирост составляет

$$\bar{A} = \frac{364{,}0 - 155{,}9}{13-1} = \frac{208{,}1}{12} = 17{,}3 \text{ (усл. ед.)}.$$

Выравненные уровни динамического ряда с использованием среднего абсолютного прироста представлены в табл. 3.6.

Выравнивание динамических рядов с использованием среднего коэффициента роста. Коэффициентом роста K_t называют отношение последующего уровня динамического ряда к предыдущему уровню того же ряда:

$$K_t = Y_t / Y_{t-1};\ t = 2, 3, \ldots, N. \quad (3.31)$$

Число коэффициентов роста на единицу меньше числа уровней и составляет $(N-1)$.

Коэффициент роста K_t, выраженный в процентах, носит название темпа роста.

Средний коэффициент роста $\bar{K}$ вычисляется по формуле

$$\bar{K} = (K_2 \ldots K_N) \uparrow (1 / (N-1)) = (Y_N / Y_1) \uparrow (N-1)),$$

так как

$$K_2 \dots K_N = (Y_2/Y_1)(Y_3/Y_2) \dots (Y_N/Y_{N-1}) = Y_N/Y_1 \qquad (3.32)$$

(↑ означает возведение в степень).

Расчетный уровень ряда Y_t в момент t, полученный с использованием среднего коэффициента роста:

$$\bar{Y}_t = Y_1 \cdot \bar{K} \uparrow (t-1);\ t = 1, 2, \dots, N. \qquad (3.33)$$

Для динамического ряда, представленного табл. 3.5, средний коэффициент роста может быть получен следующим образом:

$$\bar{K} = (364{,}0/155{,}9) \uparrow (1/12);$$

$$\lg\bar{K} = \frac{\lg 364{,}0 - \lg 155{,}9}{12} = \frac{2{,}5611 - 2{,}1929}{12} = \frac{0{,}3682}{12};$$

$$\lg\bar{K} = 0{,}0307;\ \bar{K} = 1{,}074.$$

Механическое сглаживание. Суть метода механического сглаживания динамического ряда состоит в замене уровней ряда их средними арифметическими значениями за некоторый период времени. Различают два случая: 1) период сглаживания имеет нечетное число лет; 2) число лет четно.

Первый случай. Сглаживание ряда методом невзвешенной скользящей средней с трехгодовым периодом.

Скользящая сумма за 3 года равна

$$S_t = Y_{t-1} + Y_t + Y_{t+1};\ t = 2, \dots, N-1. \qquad (3.34)$$

Скользящая средняя за 3 года равна

$$\bar{S}_t = (Y_{t-1} + Y_t + Y_{t+1})/3;\ t = 2, \dots, N-1. \qquad (3.35)$$

Здесь найденные скользящие средние относятся к центру периода сглаживания.

Выравненные уровни динамического ряда, полученные на основе механического сглаживания ряда, когда период сглаживания включает нечетное число лет – 3 года, представлены в табл. 3.7.

Второй случай. Сглаживание ряда методом невзвешенной скользящей средней с четырехгодовым периодом.

Скользящая сумма за 4 года

$$S_t = Y_{t-2} + Y_{t-1} + Y_t + Y_{t+1};\ t = 3, \dots, N-1. \qquad (3.36)$$

Скользящая средняя за 4 года

$$\bar{S}_t = (Y_{t-2} + Y_{t-1} + Y_t + Y_{t+1})/4;\ t = 3, \dots, N-1. \qquad (3.37)$$

Таблица 3.7

Выпуск ИЭТ \ Годы	1965	1966	1967	1968	1969	1970
Y_t	155,9	186,5	237,6	315,0	305,0	294,4
S_t	–	580,0	739,1	857,9	914,4	893,1
$\bar{S}_t$	–	193,3	246,4	285,9	304,8	297,7

Продолжение

Выпуск ИЭТ \ Годы	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Y_t	293,7	298,7	354,8	393,7	422,0	413,3	364,0
S_t	886,8	947,2	1047,2	1170,5	1229,0	1199,3	–
$\bar{S}_t$	295,6	315,7	349,1	390,2	409,7	399,8	–

Однако момент времени t в формуле скользящей средней за 4 года условен. Фактически центр рассматриваемого периода не соотнесен с определенной датой. Поэтому используется прием, называемый центрированием и состоящий в нахождении средних (центров) между каждой парой уже найденных средних $\bar{S}_t$.

Центрированная скользящая средняя за 4 года

$$C\bar{S}_t = (\bar{S}_t + \bar{S}_{t+1})/2;\ t = 3, ..., N-2. \qquad (3.38)$$

Выравненные уровни динамического ряда, полученные на основе механического сглаживания ряда, когда период сглаживания включает четное число лет – 4 года, представлены в табл. 3.8.

Таблица 3.8

Выпуск ИЭТ \ Годы	1965	1966	1967	1968	1969	1970
Y_t	155,9	186,5	237,6	315,0	305,0	294,4
S_t	–	–	895,0	1044,1	1152,0	1208,1
$\bar{S}_t$	–	–	223,75	261,02	288	302,02
$C\bar{S}_t$	–	–	242,38	274,51	295,01	299,98

Продолжение

Выпуск ИЭТ \ Годы	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Y_t	293,7	298,7	354,8	393,7	422,0	413,3	364,0
S_t	1191,8	1241,6	1340,9	1469,2	1583,8	1593,0	–
$\bar{S}_t$	297,95	310,4	335,22	367,3	395,95	398,25	–
$C\bar{S}_t$	304,175	322,81	351,26	381,62	397,1	–	–

Аналитическое выравнивание. Суть аналитического выравнивания состоит в нахождении некоторой функции от параметра t, которая достаточно точно воспроизводит общую тенденцию фактических уровней. В качестве выравнивающих функций обычно используют линейную функцию $Y_t = A + Bt$, квадратичную функцию $Y_t = A + Bt + Ct^2$, показательную функцию $Y = AB^t$ и т.д.

Линейную функцию можно принять в качестве выравнивающей функции, если абсолютные приросты уровней ряда по своей величине незначительно колеблются около некоторой постоянной величины.

Квадратичную функцию можно принять в качестве выравнивающей функции, если вторые приросты уровней ряда (приросты абсолютных приростов) незначительно колеблются около постоянной величины.

Показательную функцию можно принять в качестве выравнивающей функции, если коэффициенты роста ряда незначительно колеблются около некоторой постоянной величины.

Для нахождения аналитического уравнения, по которому производится выравнивание уровней динамического ряда, применяют различные способы.

Первый способ состоит в расчленении динамического ряда на две или три примерно равные части в зависимости от числа неизвестных параметров в уравнении тренда. При этом сумма выравненных значений в каждой части должна совпадать с суммой фактических значений. Другими словами, сумма отклонений фактических данных Y_t от выравненных $\bar{Y}_t$ должна быть равна нулю:

$$\Sigma_{t=1}^{N} (Y_t - \bar{Y}_t) = 0. \tag{3.39}$$

В случае выравнивания по прямой линии должна равняться нулю сумма отклонений фактических значений уровней Y_t динамического ряда от уровней, рассчитанных по уравнению прямой $\bar{Y}_t = A + Bt$:

$$\Sigma_{t=1}^{N} (Y_t - A - Bt) = 0. \tag{3.40}$$

После преобразований указанная сумма примет вид

$$AN + B\Sigma_{t=1}^{N} t = \Sigma_{t=1}^{N} Y_t. \tag{3.41}$$

В уравнении прямой два неизвестных параметра – A и B. Поэтому первый способ аналитического выравнивания с помощью прямой линии состоит в разбиении динамического ряда на две примерно равные части и решении следующей линейной системы двух уравнений с двумя неизвестными A и B:

$$\begin{cases} \Sigma_{t=1}^{t_1} (Y_t - A - Bt) = 0; \\ \Sigma_{t=t_1+1}^{N} (Y_t - A - Bt) = 0 \end{cases}$$

или

$$\begin{cases} At_1 + B\Sigma_{t=1}^{t_1} t = \Sigma_{t=1}^{t_1} Y_t, \\ A(N - t_1) + B\Sigma_{t=t_1+1}^{N} t = \Sigma_{t=t_1+1}^{N} Y_t. \end{cases}$$

Обозначение пределов суммирования: t_1 – последний уровень первой части ряда, $t_1 + 1$ – первый уровень второй части ряда.

Возьмем данные о выпуске изделий электронной техники из табл. 3.5 и проведем выравнивание уровней по прямой линии. Поскольку в табл. 3.5 данные представлены за 13 лет, расчленим динамический ряд на две части: 6 и 7 лет.

Для первой части ряда:

$$N = 6;\ \Sigma_{t=1}^{6} t = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 = 21;$$

$$\Sigma_{t=1}^{6} Y_t = 155{,}9 + 186{,}5 + 237{,}6 + 315{,}0 + 305{,}0 + 294{,}4 = 1494{,}4.$$

Для второй части ряда:

$$N = 7;\ \Sigma_{t=7}^{13} t = 7 + 8 + 9 + 10 + 11 + 12 + 13 = 70;$$

$$\Sigma_{t=7}^{13} Y_t = 293{,}7 + 298{,}7 + 354{,}8 + 393{,}7 + 422{,}0 + 413{,}3 + 364{,}0 = 2540{,}2.$$

Составляем и решаем систему двух уравнений с двумя неизвестными A и B:

$$\begin{cases} 6A + 21B = 1494{,}4; \\ 7A + 70B = 2540{,}2. \end{cases}$$

Подставив в уравнение прямой найденные параметры $A = 192{,}92$ и $B = 16{,}04$, получим аналитическое выражение тренда:

$$\bar{Y}_t = 192{,}92 + 16{,}04t.$$

Если вместо t в уравнение подставлять конкретные значения времени, найдем выравненные уровни динамического ряда:

при $t = 1$ $\bar{Y}_1 = 192{,}92 + 16{,}04 \cdot 1 = 208{,}96;$

при $t = 2$ $\bar{Y}_2 = 192{,}92 + 16{,}04 \cdot 2 = 225{,}00$

и т.д.

Исходные и выравненные уровни ряда представлены в табл. 3.9.

В силу неоднозначности разбиения ряда с нечетным числом членов на две части выравнивание с помощью прямой линии также будет неоднозначным.

При выравнивании динамического ряда по параболе второго порядка $\bar{Y}_t = A + Bt + Ct^2$, где нужно знать три параметра, ряд следует расчленить на три части и решать систему трех уравнений с тремя неизвестными. Для каждой части ряда сумма отклонений фактических значений

Таблица 3.9

Уровни ряда \ Годы	1965	1966	1967	1968	1969	1970
Y_t	155,9	186,5	237,6	315,0	305,0	294,4
$\bar{Y}_t$	208,96	225,00	241,04	257,08	273,12	289,16

Продолжение

Уровни ряда \ Годы	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Y_t	293,7	298,7	354,8	393,7	422,0	413,3	364,0
$\bar{Y}_t$	306,2	322,24	338,28	354,32	370,36	386,4	402,44

уровней от уровней, полученных по уравнению параболы, должна равняться нулю:

$$\sum_t (Y_t - A - Bt - Ct^2) = 0. \qquad (3.42)$$

Второй способ аналитического выравнивания — наименьших квадратов — основан на требовании, чтобы сумма квадратов отклонений фактических уровней Y_t от выравненных $\bar{Y}_t$ была наименьшей:

$$S = \Sigma_{t=1}^{N} (Y_t - \bar{Y}_t)^2 \to \min. \qquad (3.43)$$

Если выравнивание динамического ряда проводится по уравнению прямой, то указанное требование можно конкретизировать следующим образом: из всего множества прямых, которые можно провести около фактических уровней ряда, выбрать ту прямую, которая наилучшим образом отражает тенденцию изменения фактических уровней: сумма квадратов отклонений фактических уровней от уровней, лежащих на этой прямой, является минимальной:

$$S = \Sigma_{t=1}^{N} (Y_t - A - Bt)^2 \to \min.$$

Для получения минимума функции S ее частные производные по параметрам A и B приравниваются нулю:

$$\begin{cases} \frac{\partial S}{\partial A} = \Sigma_{t=1}^{N} [2(Y_t - A - Bt)] \cdot (-1) = 0; \\ \frac{\partial S}{\partial B} = \Sigma_{t=1}^{N} [2(Y_t - A - Bt)] \cdot (-t) = 0. \end{cases}$$

После проведения ряда преобразований система примет вид:

$$\begin{cases} AN + \Sigma_{t=1}^{N} Bt = \Sigma_{t=1}^{N} Y_t; \\ \Sigma_{t=1}^{N} At + \Sigma_{t=1}^{N} Bt^2 = \Sigma_{t=1}^{N} Y_t t: \end{cases}$$

$$\begin{cases} AN + B\Sigma_{t=1}^{N} t = \Sigma_{t=1}^{N} Y_t; \\ A\Sigma_{t=1}^{N} t + B\Sigma_{t=1}^{N} t^2 = \Sigma_{t=1}^{N} Y_t t. \end{cases}$$

Полученная система называется системой нормальных уравнений для нахождения параметров A и B при выравнивании по прямой линии способом наименьших квадратов.

Произведем выравнивание данных табл. 3.5 о выпуске изделий электронной техники по прямой линии способом наименьших квадратов. Для вычисления всех необходимых данных строим расчетную табл. 3.10.

Таблица 3.10

Годы	Выпуск ИЭТ Y_t	t	t^2	$Y_t t$	$\bar{Y}_t = 177{,}28 + 19{,}01t$	$Y_t - \bar{Y}_t$	$(Y_t - \bar{Y}_t)^2$
1965	155,9	1	1	155,9	196,29	-40,39	1631,35
1966	186,5	2	4	373,0	215,30	- 28,8	829,44
1967	237,6	3	9	712,8	234,31	3,29	10,82
1968	315,0	4	16	1260,0	253,32	61,68	3804,42
1969	305,0	5	25	1525,0	272,33	32,67	1067,33
1970	294,4	6	36	1766,4	291,34	3,06	9,36
1971	293,7	7	49	2055,9	310,35	-16,65	277,22
1972	298,7	8	64	2389,6	329,36	-30,66	940,04
1973	354,8	9	81	3193,2	348,37	6,43	41,34
1974	393,7	10	100	3937,0	367,38	26,32	692,74
1975	422,0	11	121	4642,0	386,39	35,61	1268,07
1976	413,3	12	144	4959,6	405,40	7,9	62,41
1977	364,0	13	169	4732,0	424,41	-60,41	3649,37
Итого	$\Sigma_{t=1}^{13} Y_t = 4034{,}6$	$\Sigma_{t=1}^{13} t = 91$	$\Sigma_{t=1}^{13} t^2 = 819$	$\Sigma_{t=1}^{13} Y_t t = 31\,702{,}4$			$\Sigma_t (Y_t - \bar{Y}_t)^2 = 14\,283{,}91$

Составим систему нормальных уравнений:

$$\begin{cases} 13A + 91B = 4034{,}6; \\ 91A + 819B = 31702{,}4. \end{cases}$$

Решаем систему двух уравнений с двумя неизвестными A и B: $A = 177{,}28$; $B = 19{,}01$. Уравнение тренда: $\bar{Y}_t = 177{,}28 + 19{,}01t$.

Выравненные уровни ряда представлены в 6-й графе табл. 3.10.

Необходимые расчеты при построении трендовой модели можно значительно упростить соответствующим подбором начала отсчета времени t так, чтобы $\Sigma t = 0$. При этом различают два случая:

1) если число членов динамического ряда нечетное, то следует отсчитывать от середины ряда: значение срединной даты ряда принимается равным 0, ранние даты имеют отрицательные значения (−1, −2, ...), поздние – положительные значения (1, 2, ...);

2) если число членов динамического ряда четное, находится срединная пара дат и значения t для нее принимаются – 1 и + 1. Вверх идут отрицательные значения t (– 3, – 5, – 7, ...), вниз – положительные (3, 5, 7, ...).

Система нормальных уравнений принимает вид:

$$\begin{cases} AN = \Sigma_{t=1}^{N} Y_t; \\ B\Sigma_{t=1}^{N} t^2 = \Sigma_{t=1}^{N} Y_t t. \end{cases} \qquad (3.45)$$

По данным табл. 3.5 о выпуске изделий электронной техники произведем выравнивание по прямой линии способом наименьших квадратов, подобрав начало отсчета времени t так, чтобы $\Sigma t = 0$. Для вычисления всех необходимых данных строим расчетную табл. 3.11.

Таблица 3.11

Годы	Выпуск ИЭТ Y_t	t	t^2	$Y_t t$	$\bar{Y}_t = 310{,}35 + 19{,}01t$
1965	155,9	–6	36	–935.4	196.29
1966	186,5	–5	25	–932.5	215.30
1967	237,6	–4	16	–950.4	234.31
1968	315,0	–3	9	–945.0	253,32
1969	305,0	–2	4	–610.0	272.33
1970	294,4	–1	1	–294.4	291.34
1971	293,7	0	0	0	310.35
1972	298.7	1	1	298.7	329.36
1973	354,8	2	4	709.6	348.37
1974	393.7	3	9	1181.1	367,38
1975	422.0	4	16	1688.0	386.39
1976	413,3	5	25	2066.5	405.4
1977	364,0	6	36	2184.6	424.41

Итого $\Sigma_{t=1}^{13} Y_t = 4034.6$ $\quad \Sigma_t t = 0$ $\quad \Sigma_t t^2 = 182$ $\quad \Sigma_t Y_t t = 3460.8$

Затем формируем и решаем систему нормальных уравнений:

$$\begin{cases} 13A = 4034.6; \\ 182B = 3460{,}8; \end{cases} \Rightarrow \begin{array}{l} A = 310.35; \\ B = 19.01. \end{array}$$

Уравнение тренда: $\bar{Y}_t = 310.35 + 19.01t$.

Выравненные уровни динамического ряда представлены в шестой графе таблицы 3.11.

Следует заметить, что в случае выравнивания по прямой линии указанным способом параметр B продолжает играть ту же роль, что при обычном выравнивании, т.е. представляет собой скорость роста. Значение параметра A меняется. Если при обычном выравнивании A – это начальный уровень ряда, то при упрощенном выравнивании A – это средний уровень ряда.

Способ наименьших квадратов дает единую методику составления системы нормальных уравнений для расчета трендовой модели вида $\bar{Y}_t = A + Bf(t)$, где $f(t)$ – любая функция от t ($f(t) = t^2$, $f(t) = \sqrt{t}$, $f(t) = 1/t$:

$$\begin{cases} AN + B\Sigma_{t=1}^{N} f(t) = \Sigma_{t=1}^{N} Y_t; \\ A\Sigma_{t=1}^{N} f(t) + B\Sigma_{t=1}^{N} (f(t))^2 = \Sigma_{t=1}^{N} Y_t f(t). \end{cases} \quad (3.46)$$

Для получения такой системы нормальных уравнений находятся частные производные функции $S = \Sigma_{t=1}^{N} (Y_t - A - Bf(t))^2$ сначала по параметру A, затем – по параметру B и приравниваются нулю:

$$\begin{cases} \frac{\partial S}{\partial A} = \Sigma_{t=1}^{N} 2(Y_t - A - B \cdot f(t)) \cdot (-1) = 0, \\ \frac{\partial S}{\partial B} = \Sigma_{t=1}^{N} 2(Y_t - A - B \cdot f(t)) \cdot (-f(t)) = 0. \end{cases} \quad (3.47)$$

Способ наименьших квадратов дает единую методику составления системы нормальных уравнений для расчета трендовой модели более общего вида: $\bar{Y}_t = A + B \cdot f_1(t) + C \cdot f_2(t)$, где $f_1(t)$ и $f_2(t)$ – любые функции от t (t, t^2, $\sqrt{t}$, $1/t$).

Для получения необходимой системы нормальных уравнений находятся частные производные функции $S = \Sigma_{t=1}^{N} (Y_t - A - Bf_1(t) - Cf_2(t))^2$ сначала по параметру A, затем – по параметрам B и C и приравниваются нулю:

$$\begin{cases} \frac{\partial S}{\partial A} = \Sigma_{t=1}^{N} 2(Y_t - A - Bf_1(t) - Cf_2(t))(-1) = 0; \\ \frac{\partial S}{\partial B} = \Sigma_{t=1}^{N} 2(Y_t - A - Bf_1(t) - Cf_2(t)(-f_1(t)) = 0; \\ \frac{\partial S}{\partial C} = \Sigma_{t=1}^{N} 2(Y_t - A - Bf_1(t) - Cf_2(t)(-f_2(t)) = 0. \end{cases} \quad (3.48)$$

Проведем необходимые преобразования и получим систему нормальных уравнений для выравнивания динамического ряда по уравнению $\bar{Y}_t = A + Bf_1(t) + Cf_2(t)$:

$$\begin{cases} AN + B\Sigma_{t=1}^{N} f_1(t) + C\Sigma_{t=1}^{N} f_2(t) = \Sigma_{t=1}^{N} Y_t; \\ A\Sigma_{t=1}^{N} f_1(t) + B\Sigma_{t=1}^{N} (f_1(t))^2 + C\Sigma_{t=1}^{N} f_1(t) f_2(t) = \Sigma_{t=1}^{N} Y_t f_1(t); \\ A\Sigma_{t=1}^{N} f_2(t) + B\Sigma_{t=1}^{N} f_1(t) f_2(t) + C\Sigma_{t=1}^{N} (f_2(t))^2 = \Sigma_{t=1}^{N} Y_t f_2(t). \end{cases} \quad (3.49)$$

В частности, если $f_1(t) = t$, а $f_2(t) = t^2$, т.е. выравнивание динамического ряда производится по уравнению параболы $\bar{Y}_t = A + Bt + Ct^2$, то система нормальных уравнений будет иметь вид:

$$\begin{cases} AN + B\Sigma_{t=1}^{N} t + C\Sigma_{t=1}^{N} t^2 = \Sigma_{t=1}^{N} Y_t; \\ A\Sigma_{t=1}^{N} t + B\Sigma_{t=1}^{N} t^2 + C\Sigma_{t=1}^{N} t^3 = \Sigma_{t=1}^{N} Y_t t; \\ A\Sigma_{t=1}^{N} t^2 + B\Sigma_{t=1}^{N} t^3 + C\Sigma_{t=1}^{N} t^4 = \Sigma_{t=1}^{N} Y_t t^2. \end{cases} \quad (3.50)$$

Подобрав начало отсчета времени t так, чтобы $\Sigma t = 0$, последнюю систему нормальных уравнений можно упростить:

$$\begin{cases} AN + C\Sigma_{t=1}^{N} t^2 = \Sigma_{t=1}^{N} Y_t; \\ B\Sigma_{t=1}^{N} t^2 = \Sigma_{t=1}^{N} Y_t t; \\ A\Sigma_{t=1}^{N} t^2 + C\Sigma_{t=1}^{N} t^4 = \Sigma_{t=1}^{N} Y_t t^2. \end{cases} \quad (3.51)$$

Решение системы нормальных уравнений позволяет найти значения параметров соответствующей аналитической функции – трендовой модели исследуемого динамического ряда.

В качестве показателя точности трендовой модели может использоваться коэффициент вариации V, рассчитанный по формуле

$$V = \sqrt{\frac{\Sigma_{t=1}^{N} (Y_t - \bar{Y}_t)^2}{N}} \Big/ \bar{Y} \cdot 100\%. \quad (3.52)$$

При сравнении двух трендовых моделей предпочтительнее та, у которой коэффициент вариации имеет меньшее значение. В практических расчетах модель считается достаточно точной, если коэффициент вариации $V \leqslant 5\ \%$.

Таким образом, для оценки точности трендовой модели прежде всего необходимо найти отклонения фактических уровней ряда от выравненных. Такие отклонения и их квадраты представлены соответственно в 7-й и 8-й графах табл. 3.10 при выравнивании по прямой линии.

Коэффициент вариации, рассчитанный на основе данных, полученных при выравнивании динамического ряда по прямолинейной функции, может быть записан следующим образом:

$$\frac{\sqrt{\frac{\Sigma_{t=1}^{13} (Y_t - \bar{Y}_t)^2}{13}}}{\bar{Y}} = \frac{\sqrt{\frac{14283{,}91}{13}}}{310{,}36} = 0{,}1068;$$

$$V = 0{,}1068 \cdot 100\ \% = 10{,}68\ \%.$$

На основе трендовой модели можно проводить интерполяцию и экстраполяцию уровней динамических рядов.

Таблица 3.12

Расчетные уровни \ Годы	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
$\bar{Y}_t = 310{,}35 + 19{,}01t$	$t=7$	$t=8$	$t=9$	$t=10$	$t=11$	$t=12$	$t=13$	$t=14$
	443,42	462,43	481,44	500,45	519,46	538,47	557,48	576,49

Интерполяцией называется нахождение промежуточных неизвестных уровней динамического ряда при наличии известных соседних уровней в предположении, что поведение неизвестных уровней подчиняется общей тенденции. Интерполяция может осуществляться различными способами, например: с помощью среднего абсолютного прироста при известных первом и последнем уровнях ряда; с помощью среднего коэффициента роста при известных первом и последнем уровнях ряда; с помощью способа наименьших квадратов путем использования нескольких уровней, предшествующих неизвестным и последующих за ними.

Экстраполяцией называется нахождение последующих неизвестных уровней динамического ряда на основе трендовой модели в предположении, что тенденция развития уровней ряда останется неизменной.

В табл. 3.12 представлены экстраполируемые уровни динамического ряда на основе прямолинейной функции $\bar{Y} = 310{,}35 + 19{,}01t$, используемой в качестве трендовой модели (см. табл. 3.12).

Корреляционные модели. *Модели парной корреляции.* Предмет корреляционного анализа – исследование связи между двумя показателями, один из которых рассматривается как независимый показатель – фактор X, а второй – как зависимая переменная Y: $Y = f(X)$.

Наличие самой зависимости между этими показателями устанавливается, конечно, не математическим путем, а в результате качественного анализа. Корреляционный же анализ предназначен для количественного измерения выявленной связи.

Одна из первых задач корреляционного анализа – установление вида функции $f(X)$, т.е. отыскание такого корреляционного уравнения (уравнения регрессии), которое наилучшим образом соответствует характеру изучаемой связи.

Простейшим уравнением, которое может характеризовать зависимость между двумя переменными, является уравнение прямой вида $Y = A + BX$, где X и Y соответственно независимая и зависимая переменные; A, B – постоянные коэффициенты. Уравнение прямой описывает такую связь между двумя переменными, при которой с изменением независимой переменной на какую-либо постоянную величину зависимая переменная изменяется на другую постоянную величину (в частности, с

изменением X на единицу величина Y изменяется на B единиц, причем B может быть положительным, отрицательным, целым или дробным).

Если качественный анализ изучаемой зависимости допускает прямолинейный характер связи двух переменных, то это предположение проверяется затем непосредственно на количественных данных. Для этого необходимо иметь ряд фактических значений X и Y. Поскольку корреляционная связь с достаточной четкостью проявляется лишь в массе случаев, количество наблюдений, на основании которых строится модель, должно быть достаточно велико – 20 – 25 пар наблюдаемых значений X и Y.

Вывод о прямолинейном характере связи проверяется вначале путем простого сопоставления по имеющимся данным вариации зависимой и независимой переменных, а также графически. При графическом способе каждое наблюдение отмечается в виде точки в прямоугольной системе координат. При достаточно большом количестве наблюдений расположение точек на графике легко позволяет убедиться в правильности или ошибочности представления о линейном характере связей между переменными.

Следующий этап – определение уравнения прямой при данной зависимости между X и Y. Для этого необходимо определить численные значения постоянных величин уравнения A и B, при которых прямая будет наилучшим образом соответствовать имеющимся фактическим данным. *В качестве критерия, по которому отыскивается наилучшая прямая, принято брать минимум суммы квадратов отклонений фактических значений Y от $\bar{Y}$, вычисленных по уравнению прямой.*

Система нормальных уравнений для нахождения неизвестных параметров A и B корреляционной модели $Y = A + BX$ будет иметь вид:

$$\begin{cases} NA + B\Sigma_{i=1}^{N} X_i = \Sigma_{i=1}^{N} Y_i; \\ A\Sigma_{i=1}^{N} X_i + B\Sigma_{i=1}^{N} X_i^2 = \Sigma_{i=1}^{N} X_i Y_i. \end{cases} \tag{3.53}$$

Таким образом, выделены следующие этапы построения корреляционной модели:

1) качественный анализ изучаемой зависимости между показателями;

2) проверка предполагаемой зависимости на количественных данных;

3) графический анализ предполагаемой зависимости между показателями;

4) определение уравнения прямой методом наименьших квадратов.

Как же оценить качество корреляционной модели, надежность оценок, полученных по уравнению прямой? Вспомним, что для оценки надежности средней арифметической $\bar{Y}$ как хорошей характеристики ряда показателей мы использовали понятие среднего квадратического отклонения σ_Y. При незначительной величине σ_Y, когда разброс значений

показателей вокруг средней невелик, $\bar{Y}$ является надежной характеристикой ряда. В противном случае $\bar{Y}$ уже не считается надежной характеристикой ряда показателей. Для оценки качества оценок, полученных по уравнению прямой, поступим аналогичным образом.

Такие же операции, как и при вычислении дисперсии, проделаем с отклонениями от прямой. Новую дисперсию обозначим $\sigma^2_{Y/X}$, показывая этим, что в данном случае мы рассматриваем Y как зависимую величину по отношению к X:

$$\sigma^2_{Y/X} = \frac{\Sigma_{i=1}^{N} (Y_i - \bar{Y}_i)^2}{N}. \qquad (3.54)$$

Величина $\sigma_{Y/X}$ характеризует надежность оценок, полученных по уравнению прямой, а величина σ_Y – надежность оценок с помощью средней.

Чтобы определить, насколько сократилась сумма квадратов отклонений при переходе от средней арифметической к уравнению прямой, воспользуемся значениями дисперсий и разделим разницу двух дисперсий на исходную дисперсию:

$$\frac{\sigma^2_Y - \sigma^2_{Y/X}}{\sigma^2_Y}. \qquad (3.55)$$

Полученная величина называется коэффициентом детерминации и характеризует силу воздействия показателя X на показатель Y. Коэффициент детерминации исчисляется как отношение квадратов отклонений. Если же из этой величины извлечь квадратный корень, получим коэффициент корреляции r:

$$r = \sqrt{\frac{\sigma^2_Y - \sigma^2_{Y/X}}{\sigma^2_Y}}. \qquad (3.56)$$

Уравнение связи и коэффициент корреляции – две важнейшие обобщающие характеристики корреляционной зависимости между изучаемыми признаками. Уравнение в конкретной количественной форме показывает, какая существует зависимость между двумя переменными, а коэффициент корреляции позволяет судить о силе этой зависимости.

Если же в действительности никакой связи между изучаемыми переменными нет, то никакая другая прямая кроме прямой $Y = \bar{Y}_{ap} = \text{const}$ не даст нам лучшей характеристики величины Y. Тогда в формуле (3.56) $\sigma^2_{Y/X}$ заменяется на σ^2_Y, числитель обращается в 0 и соответственно значение коэффициента корреляции r становится равным нулю. Если же между переменными X и Y существует очень тесная связь, то значение коэффициента корреляции стремится к единице, если величина $\sigma^2_{Y/X}$ стремится к нулю.

Итак, *коэффициент корреляции по абсолютной величине может принимать значения в пределах от 0 до 1.* Он может иметь также положительный или отрицательный знак.

В уравнении прямой $Y = A + BX$ величина B может быть и отрицательной. Например, если рассматривается связь между производительностью труда на разных предприятиях и себестоимостью их продукции, то такая связь будет отрицательной: с ростом производительности труда себестоимость снижается.

Коэффициенту корреляции приписывается тот же знак, который имеет коэффициент B в уравнении связи. Вследствие этого в целом коэффициент корреляции может меняться от – 1 до + 1. При знаке "минус" коэффициент показывает наличие отрицательной корреляции, при знаке "плюс" – положительной корреляции.

Часто связь между переменными по самой своей сущности не может быть охарактеризована уравнением прямой линии.

Предположим, что изучается связь между размером однотипных предприятий и себестоимостью их продукции. Можно предположить, что до известного предела увеличение размеров предприятия способствует снижению себестоимости (за счет лучших возможностей механизации и автоматизации, организации поточного производства). Но за этим пределом дальнейший рост размеров предприятия может привести к ухудшению экономических показателей в связи с усилением действия отрицательных особенностей предприятий-гигантов (трудности управления и четкой организации производства, необходимость пользоваться сырьем из отдаленных источников).

Простейшей кривой, описывающей такого рода зависимости, является парабола второго порядка: $Y = A + BX + CX^2$. Из других форм кривых в корреляционном анализе применяются гипербола $Y = A + B\frac{1}{X}$, а также показательная функция $Y = A \cdot B^X$.

Способ наименьших квадратов дает единую методику составления системы нормальных уравнений для нахождения неизвестных параметров A и B уравнения регрессии $Y = A + Bf(X)$, где $f(X)$ – любая функция от X ($f(X) = X^2$; $f(X) = \sqrt{X}$; $f(X) = \frac{1}{X}$):

$$\begin{cases} NA + B\Sigma_{i=1}^{N} f(X_i) = \Sigma_{i=1}^{N} Y_i; \\ A\Sigma_{i=1}^{N} f(X_i) + B\Sigma_{i=1}^{N} (f(X_i))^2 = \Sigma_{i=1}^{N} Y_i f(X_i). \end{cases} \quad (3.57)$$

Вывод системы нормальных уравнений проводится так же, как и для трендовых моделей, поэтому более подробно на этом останавливаться не будем.

При использовании любой формы криволинейной корреляционной зависимости теснота связи между переменными может быть измерена с помощью индекса корреляции (i), который определяется аналогично коэффициенту корреляции для линейной формы связи:

$$i = \sqrt{1 - \frac{\sigma^2_{YX}}{\sigma^2_Y}}, \quad (3.58)$$

где σ^2_{YX} – средний квадрат отклонений фактических значений Y от значений, вычисленных по уравнению кривой $\bar{Y}$; σ^2_Y – средний квадрат отклонений фактических значений Y от их средней арифметической $\bar{Y}_a$.

Индекс корреляции по величине меняется от 0 до 1. Определенного знака он не имеет, так как на одних участках кривой связь может быть положительной, на других – отрицательной.

Индекс корреляции – условная величина, рассчитываемая лишь по отношению к конкретной форме кривой. Усложнение уравнения кривой, как правило, приводит к увеличению индекса криволинейной корреляции. Но слишком сложные уравнения регрессии обычно лишены реального экономического смысла. Уравнение корреляционной зависимости должно быть таким, чтобы сущность изучаемой зависимости между переменными проявлялась достаточно четко, а параметры поддавались экономическому толкованию.

Модели множественной корреляции. Величина исследуемого показателя, особенно в экономике, складывается обычно под влиянием не одного, а многих различных факторов. Для измерения совместного влияния ряда показателей – факторов – на величину анализируемого показателя и строятся модели множественной корреляции, в которых зависимая переменная Y рассматривается как функция не одной, а нескольких переменных, в общем случае n независимых переменных, а именно $Y = f(X_1, X_2, ..., X_n)$.

Как и в случае парной корреляции, одним из вопросов является вопрос о форме связи. В многофакторных моделях выбор уравнения связи представляет собой сложную задачу; в данном случае качественный анализ приобретает еще большее значение. Если эта связь линейная или близка к линейной, то применяется линейное уравнение множественной корреляции, которое для n факторов имеет вид

$$Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + ... + a_n X_n. \qquad (3.59)$$

Если воздействие каких-то факторов не может считаться прямолинейным, то соответствующие независимые переменные включаются в уравнение не только в первой, но и в более высоких степенях.

Предположим, что при анализе влияния двух факторов на исследуемый показатель выяснилось, что с первым из факторов связь линейная, а со вторым –криволинейная, причем кривая приблизительно соответствует обычной параболе. В этом случае целесообразно проверить следующее уравнение множественной корреляции:

$$Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_2^2. \qquad (3.60)$$

Единую методику составления системы нормальных уравнений для определения как коэффициентов регрессии парной корреляции, так и коэффициентов регрессии множественной корреляции дает способ наименьших квадратов.

Мерой тесноты связи между включенными в модель факторами, с одной стороны, и зависимым показателем – с другой, является коэффициент множественной корреляции $R_{Y12\ldots n}$, который характеризует силу совместного комбинированного воздействия ряда факторов на величину зависимой переменной Y:

$$R_{Y12\ldots n} = \sqrt{\frac{\sigma^2_{Y12\ldots n}}{\sigma^2_Y}}. \qquad (3.61)$$

По абсолютной величине коэффициент множественной корреляции меняется от 0 до 1. Определенного знака он не имеет, так как с одними из факторов корреляция может быть положительной, с другими – отрицательной, с третьими – знакопеременной.

Наряду с определением показателя, отражающего тесноту связи со всеми факторами, представляет интерес измерение силы влияния каждого фактора в отдельности на изменение величины зависимой переменной.

Действительно, даже при очень высоком общем коэффициенте множественной корреляции не исключено, что влияние отдельных факторов окажется ничтожным, а их включение в корреляционную модель – неоправданным. Об этом можно судить на основе коэффициентов частной (чистой) корреляции.

Предположим, что при исследовании определенной зависимости вначале был выделен один фактор и вычислено уравнение парной корреляции: $Y = A + BX_1$. Далее был выделен еще один фактор, воздействующий на зависимую переменную, в результате расчетов получено линейное уравнение множественной корреляции: $Y = A' + B'X_1 + CX_2$. Требуется определить, в какой мере введение второго фактора повысило точность оценок зависимой переменной.

Надежность оценок измеряется средней квадратической ошибкой уравнения. σ_{Y_1} – средняя квадратическая ошибка уравнения парной корреляции, $\sigma_{Y_{12}}$ – средняя квадратическая ошибка уравнения множественной корреляции.

Если $\sigma_{Y_{12}}$ значительно меньше σ_{Y_1}, то это означает, что введение второго фактора намного повысило точность оценок; если же две ошибки близки по величине, то влияние второго фактора в общей корреляционной связи невелико.

Меру увеличения корреляции за счет введения второго фактора дает следующий показатель:

$$r^2_{Y21} = \frac{\sigma^2_{Y_1} - \sigma^2_{Y_{12}}}{\sigma^2_{Y_1}}. \qquad (3.62)$$

Этот показатель в первой степени и является коэффициентом частной корреляции, характеризующим тесноту связи между независимой переменной X_2 и зависимой переменной Y при уже учтенном влиянии первого фактора X_1. Связь между независимой переменной X_2 и зависимой переменной Y может быть охарактеризована и обычным коэффициентом парной корреляции.

Если рассчитать уравнение связи между Y и X_2 без включения в рассмотрение X_1 и определить среднеквадратическую ошибку этого уравнения σ_{Y_1}, то коэффициент корреляции определяется по формуле

$$r_{Y_2} = \sqrt{\frac{\sigma_Y^2 - \sigma_{Y_2}^2}{\sigma_Y^2}}. \qquad (3.63)$$

Между этим коэффициентом корреляции и коэффициентом частной корреляции имеется существенное различие. Коэффициент r_{Y_2} характеризует силу воздействия второго фактора в модели парной корреляции и совсем не учитывает влияние первого фактора. Изменчивость зависимой переменной Y, вызываемая обоими факторами (если не считать возможных других), целиком приписывается только одному из них – второму.

Коэффициент частной корреляции r_{Y21} также отражает силу воздействия второго фактора, но в такой модели, которая учитывает влияние первого фактора. При анализе частной корреляции со вторым фактором первый как бы остается неизменным и уже не может исказить характер изменения Y в зависимости от колебаний переменной X_2. Аналогично определяется и коэффициент частной корреляции переменных X_1 и Y при неизменности величины независимой переменной X_2:

$$r_{Y_{12}} = \sqrt{\frac{\sigma_{Y_2}^2 - \sigma_{Y_{12}}^2}{\sigma_{Y_2}^2}}. \qquad (3.64)$$

По абсолютной величине коэффициент частной корреляции изменяется от 0 до 1. Ему приписывается тот же знак, который имеет в уравнении линейной связи коэффициент регрессии при соответствующей переменной. Коэффициенты множественной и частной корреляции находятся между собой в определенной зависимости. Так, при двух факторах

$$1 - R_{Y_{12}}^2 = (1 - r_{Y_1}^2)(1 - r_{Y_{21}}^2). \qquad (3.65)$$

Зная уравнение регрессии, можно оценить величину зависимой переменной для любой единицы наблюдения, качественно однородной с исходными единицами, если для нее известно значение независимой переменной (или переменных в многофакторной модели). Но при этом необходимо различать два случая: 1) у интересующей нас единицы наблюдения значение независимой переменной может находиться в тех пределах, в которых эта переменная изменяется в исходной совокупности данных; 2) величина независимой переменной у исследуемой единицы наблюдения находится вне тех пределов, в которых величина X изменяется в исходной совокупности наблюдаемых единиц.

Применяя уравнение связи, мы производим в первом случае *интерполяцию*, во втором – *экстраполяцию*. При интерполяции надежность оценок определяется уже известными нам показателями (прежде всего средней квадратической ошибкой). При экстра-

поляции к оценкам следует подходить с большой осторожностью. За пределами вариации тех данных, которые легли в основу корреляционной модели, могут действовать иные закономерности, которые изменят направление и характер линии регрессии.

3.3. ПРАКТИЧЕСКИ ОСВОЕННЫЕ ЭКОНОМИКО-СТАТИСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

Экономико-математические модели, представленные в данном разделе, обобщают опыт использования экономико-статистических моделей для планирования и прогнозирования роста народного благосостояния [5]. Характер и последовательность изложения материала обусловлены необходимостью представления возможно более широкого спектра экономико-математических моделей как по технике построения (экстраполяционные модели, аппроксимационные модели и т.д.), так и по направлениям применения (сводные экономические расчеты на примере модели динамики национального дохода, отраслевые прогнозы на примере моделирования динамики обеспеченности жильем и т.д.).

Модель долгосрочного прогнозирования национального дохода с учетом требований к динамике ресурса потребления. Рассмотрим пример построения модели анализа и прогнозирования динамики значений объемов национального дохода $N(t)$, производственного накопления $K(t)$, их отношения – нормы производственного накопления $a(t)$, а также объема ресурса потребления $П(t) = N(t) - K(t)$ (t – время). Для моделирования используем методы экстраполяционного прогнозирования параметров экономико-математических моделей.

Процесс анализа и прогнозирования национального дохода и его макроструктуры предполагает выявление основных факторов, определяющих динамику этих показателей. Так, в производственной функции Кобба – Дугласа объем национального дохода является функцией используемых трудовых ресурсов и основных производственных фондов. Однако с точки зрения долговременных тенденций очевидно, что эти факторы в свою очередь зависят от объема производственных накоплений и их структуры. Поскольку для рассматриваемого случая исследуется динамика агрегированных показателей, то фактором, влияющим на динамику объема национального дохода, следует считать объем производственного накопления. Эту факторную связь, как показывают качественные и количественные проверки, удобно описывать с помощью разностного уравнения:

$$N(t) = N(t-1) + f(t)K(t). \qquad (3.66)$$

Вид уравнения (3.66) определяется на основе предположений, что прирост национального дохода зависит в основном от объема производственного накопления. Коэффициент $f(t)$, связывающий прирост наци-

онального дохода и производственные накопления, естественно назвать эффективностью производственных накоплений. Из (3.66) нетрудно найти, что

$$f(t) = \frac{N(t) - N(t-1)}{K(t)}. \tag{3.67}$$

Так как

$$a(t) = \frac{K(t)}{N(t)},$$

то из (3.66) также имеем

$$N(t) = \frac{N(t-1)}{1 - a(t)f(t)}. \tag{3.68}$$

Соотношение (3.68) позволяет прогнозировать величину национального дохода с помощью прогнозных значений нормы производственного накопления $a(t)$ и эффективности $f(t)$.

Ресурс потребления выражается через объем национального дохода и норму производственного накопления с помощью соотношения:

$$П(t) = N(t)(1 - a(t)). \tag{3.69}$$

Таким образом, при заданной динамике объема национального дохода и нормы производственного накопления динамику объема ресурса потребления можно получить из формулы (3.69). Однако больший практический интерес представляет построение прогнозных значений объема и структуры национального дохода для различных вариантов динамики коэффициентов роста $q(t)$ ресурса потребления. С этой целью при помощи подстановки

$$q(t) = \frac{П(t)}{П(t-1)}$$

преобразуем (3.69) к следующему рекуррентному соотношению:

$$a(t) = \frac{1 - q(t)(1 - a(t-1))}{1 - q(t)f(t)(1 - a(t-1))}, \tag{3.70}$$

с помощью которого можно последовательно определить прогнозные значения нормы производственного накопления.

К определению параметров функции $f(t)$, аппроксимирующей эффективность накоплений, можно подходить двояким образом. Первый подход заключается в том, чтобы прирост национального дохода считать функцией накопления. Второй подход может заключаться в предположении, что эффективность накопления является некоторой функцией от прироста национального дохода и накоплений. Если реализовать

Таблица 3.13

Параметры модели динамики национального дохода (в млрд. руб.)

$f(t)$	$a_1 + a_2 t$	$a_1 + a_2\sqrt{t}$	$a_1 + \frac{a_2}{\sqrt{t+1}}$	$a_1 + \frac{a_2}{1 + \ln(t+1)}$
a_1	0,41	0,514	0,144	$0{,}937 \cdot 10^{-2}$
a_2	− 0,011	− 0,072	0,388	0,874
σ_f^2	$0{,}845 \cdot 10^{-2}$	$0{,}755 \cdot 10^{-2}$	$0{,}736 \cdot 10^{-2}$	$0{,}715 \cdot 10^{-2}$
σ_N^2	25,58	19,05	7,34	8,45

один подход, то точность аппроксимации в рамках другого подхода может оказаться невысокой. Поэтому при расчете параметров функции $f(t)$ для оценки качества аппроксимации применялись дисперсии σ_N^2 и σ_f^2, вычисляемые по формулам:

$$\sigma_N^2 = \frac{1}{T} \sum_{t=0}^{T-1} [N(t+1) - N(t) - f(t)K(t+1)]^2;$$
$$\sigma_f^2 = \frac{1}{T} \sum_{t=0}^{T-1} \left[f(t) - \frac{N(t+1) - N(t)}{K(t+1)}\right]^2. \qquad (3.71)$$

Вычисление этих дисперсий позволяет в определенной степени уравновесить два подхода и добиться удовлетворительной точности аппроксимации как по динамическому ряду для национального дохода, так и по динамическому ряду для эффективности накоплений. Результаты расчетов параметров функций $f(t)$ при различных видах функциональных зависимостей приведены в табл. 3.13 (в расчетах $t = 0$ соответствует 1950 г., $T - 1970$ г.).

Результаты расчетов, приведенные в табл. 3.13, показывают, что аппроксимирующая функция для $f(t)$ медленно убывает при использовании любой из рассмотренных функциональных зависимостей. Наилучшее приближение к наблюдаемым значениям национального дохода $N(t)$ при выбранном методе оценки параметров достигается для функциональной зависимости $a_1 + \frac{a_2}{\sqrt{t+1}}$ (σ_N^2 для этой функции равно 7,34). Напротив, значение σ_f^2 для функции $a_1 + \frac{a_2}{\sqrt{t+1}}$, равное 0,736 х х 10^{-2} является довольно большим, следовательно, необходимо выбрать некоторую "компромиссную" функциональную зависимость, обеспечивающую достаточно высокую степень приближения как к "экспериментальным" значениям $f(t)$, так и к наблюдаемым значениям $N(t)$. Этому требованию в наибольшей степени удовлетворяет, по-видимому, функциональная зависимость

$$a_1 + \frac{a_2}{1 + \ln(t+1)} \quad (a_1 = 0{,}937 \cdot 10^{-2};\ a_2 = 0{,}874).$$

Эта функциональная зависимость обеспечивает достаточно высокую степень аппроксимации и обладает также определенными свойствами гладкости, делающими ее наиболее приспособленной для целей долгосрочного прогнозирования.

Дополнительная проверка модели и ее параметров осуществлялась двумя способами. Первый способ заключался в построении модели на основании информации о динамике национального дохода и накоплений за 1950 – 1960 гг. После этого был осуществлен прогноз объема национального дохода до 1971 г. Выяснилось, что параметры моделей, построенных на различных объемах исходной информации (1950 – 1965 гг.; 1950 – 1970 гг.), отличаются весьма незначительно. Это свидетельствует об определенной устойчивости оцениваемых параметров. Кроме того, оказалось, что значения "прогнозных" оценок с высокой степенью точности совпадали с соответствующими реальными показателями за 1966 – 1971 гг. Второй способ заключался в построении прогнозных оценок на основании модели и информации за 1950 – 1970 гг. на 1971 – 1975 гг. Сопоставление прогнозных и фактических данных за эти годы показало также высокую степень аппроксимации динамики национального дохода в период 1971 – 1975 гг.

При помощи приведенных соотношений построенная модель дает возможность получать набор вариантов условных прогнозов объемов национального дохода и ресурса потребления при заданных значениях темпа роста последнего.

Следует также отметить, что нет никаких препятствий для реализации обратной процедуры, т.е. получения прогнозных значений темпа роста потребления и его объема по заданной прогнозной динамике нормы производственного накопления. В этом случае прогнозные значения объема национального дохода, а также объема и темпа роста ресурса потребления можно найти из рекуррентных формул, аналогичных соотношениям (3.68) и (3.70).

Указанная модель используется для проведения долгосрочных перспективных прогнозов на предварительных этапах разработки долгосрочного плана социального и экономического развития СССР.

Модель роста векторного экономического процесса потребления, обеспечивающая достижение заданных целей. В экономических исследованиях часто пользуются методом *преобразования исходного динамического ряда* для изучения его динамики. Наиболее часто на практике это преобразование осуществляется с помощью *индексного метода*. При этом вместо анализа исходного одномерного динамического ряда $X(t)$ обычно рассматривается динамический ряд коэффициентов роста

$$r(t) = \frac{X(t+1)}{X(t)} \quad [X(t+1) = r(t)X(t)],$$

широко используемый в практике экономических исследований.

Для многомерного случая взаимосвязанность компонент структуры потребления потребовала разработки и использования *матричных методов*. Рассмотрим сначала методику прогнозирования многомерного ряда $X(t)$ с компонентами $X_i(t)$, $i = 1, 2, ..., n$, без учета необходимости

достижения определенных целей в данном прогнозном году. Введем по аналогии с одномерным случаем матричный индекс роста $A(t)$. Для многомерного ряда $X(t)$ по аналогии с одномерным случаем имеем

$$X(t+1) = A(t)X(t), \tag{3.72}$$

где $A(t)$ – квадратная матрица n-го порядка.

Операции деления в одномерном случае для многомерного случая соответствует операция псевдообращения [2]. Поэтому определим матричный индекс роста по формуле

$$A(t) = X(t+1)X^{+}(t), \tag{3.73}$$

где $X^{+}(t)$ – псевдообратная матрица (вектор-строка) для вектора $X(t)$.

Из (3.73) и определения псевдообратной матрицы [2] следует, что элементы $a_{ij}(t)$ матричного индекса роста $A(t)$ определяются по формуле

$$a_{ij}(t) = \frac{X_i(t+1)X_j(t)}{\Sigma_{j=1}^{n} X_j^2(t)}. \tag{3.74}$$

В одномерном случае определенная таким образом матрица превращается в текущий коэффициент роста для соответствующего одномерного динамического ряда.

Использование матриц роста позволяет более полно учитывать взаимосвязи между компонентами структуры потребления (и других векторных экономических процессов). Это объясняется тем, что матрица $A(t)$ полностью характеризует процесс трансформации между любыми парами экономических показателей $X_j(t)$ и $X_i(t+1)$ в каждый момент времени.

Определение матриц роста можно осуществить и другими способами матричного исчисления. Задаваясь матричным соотношением (3.72), характером зависимости матрицы $A(t)$ от времени, квадратичным критерием качества аппроксимации многомерного динамического ряда $X(t)$, можно определить параметры искомых функций $a_{ij}(t)$ на всем интервале наблюдения. Однако практическая реализация этого способа встречает определенные трудности, связанные как с размерностью соответствующих числовых рядов, так и с недостаточностью исходной статистической информации для получения устойчивых оценок. Вычисление матриц роста в каждый момент времени позволяет путем естественного (с вычислительной точки зрения) увеличения объема исходной информации обеспечить устойчивость соответствующих оценок.

Для оценки параметров матриц роста применяется следующий способ. Вычисленная матричная функция времени $A(t) = (a_{ij}(t))$ на интервале наблюдения (t_1, t_2) аппроксимируется некоторой другой функцией $\psi(t) = \psi_{ij}(t)$ времени (или какого-либо фактора). Оценка

параметров $\psi_{ij}(t)$ осуществляется с помощью автоматизированной процедуры поиска наилучшей функциональной зависимости по заранее выбранным типам кривых. Наиболее часто в практике статистических расчетов используются следующие типы кривых:

$$b_{ij}t + c_{ij};\ b_{ij}\sqrt{t+1} + c_{ij};\ \frac{b_{ij}}{\sqrt{t+1}} + c_{ij};\ b_{ij}\ln(t+1) + c_{ij};\ \frac{b_{ij}}{1+\ln(t+1)} + c_{ij}. \quad (3.75)$$

Для наилучших функциональных зависимостей, отобранных по минимуму ошибки аппроксимации, запоминаются параметры b_{ij} и c_{ij} и проводится расчет матриц на перспективный период. После определения этих матриц по формуле (3.72) находится значение многомерного динамического ряда в момент времени $t+1$, $t \geqslant t_2$.

Полученный таким образом многомерный экстраполяционный прогноз структурных показателей часто не удовлетворяет заранее сформулированным экономическим ограничениям в прогнозном периоде. Это объясняется невозможностью полного количественного учета требований к прогнозным значениям при построении модели динамики экономического процесса и оценке искомых параметров, проводимой на основе статистической информации. Поэтому при проведении долгосрочного прогноза структуры потребления используются методы корректировки прогнозных структурных показателей. В целях экономии времени обычно применяются наиболее простые методы корректировки. Наиболее часто используемый метод корректировки заключается в плавном изменении экстраполяционного прогноза с целью выхода на заданную структуру в некотором году T, соответствующем году достижения рационального потребительского бюджета и какому-либо "ключевому" году прогнозного периода. Это осуществляется следующим образом.

Пусть $X(t)$ – вектор-столбец прогнозных значений экономических показателей. Задано также желательное значение $Y(t) = C$ структуры изучаемых показателей. Тогда плавную корректировку необходимо осуществлять по формуле

$$Z(t) = X(t) + \frac{C - X(T)}{(T - t_0)^2}(t - t_0)^2, \quad (3.76)$$

где t_0 – последний год исходного периода.

Как нетрудно заметить из формулы (3.76), исправленные прогнозные значения $Z(t)$ удовлетворяют необходимым ограничивающим соотношениям:

$$Z(t_0) = X(t_0);\ Z(T) = C$$

Наличие в соотношении (3.76) слагаемого $X(t)$ обеспечивает плавность коррекции экстраполяционного прогноза и определенную степень сохранения тенденций исходного периода. Слагаемое

$$\frac{C - X(T)}{(T - t_0)^2}\ (t - t_0)^2$$

представляет собой квадратичную функцию времени, осуществляющую необходимую коррекцию и обеспечивающую значительную степень гладкости корректируемого прогноза для значений времени t, близких к последнему году t_0 интервала наблюдения. Следует, однако, отметить, что при больших временны́х периодах корректирующее слагаемое может принимать слишком большое значение. Это в отдельных случаях приводит к нежелательному изменению весомости корректирующих слагаемых и слишком сильной неравномерности изменения темпов роста. Особый смысл приобретают эти замечания, если велика разность между целевым значением C и экстраполяционным прогнозом $X(t)$. По-видимому, в этих случаях можно отказаться от условий гладкости в начале прогнозного периода и в качестве добавочных функций выбирать, например, линейные корректирующие слагаемые, логарифмические и т.п. Так, линейная коррекция имеет вид

$$Z(t) = X(t) + \frac{(C - X(T))}{T - t_0}(t - t_0). \qquad (3.77)$$

Моделирование развития жилищного фонда. Основными показателями долгосрочного плана развития жилищного хозяйства являются объемы капитальных вложений в новое строительство, ввод и выбытие фондов. При долгосрочном прогнозировании этих показателей используются модели различных типов. Это повышает надежность и достоверность получаемых результатов, обеспечивает многовариантность расчетов, позволяет разумным образом сочетать формальные и эвристические методы отбора наиболее приемлемых вариантов. Как показал предварительный качественный анализ, для построения моделей целесообразно использовать динамические ряды соответствующих показателей за последние 15 лет. Были использованы функциональные, экстраполяционные, а также согласующие и балансовые модели. Их параметры оценивались с помощью метода наименьших квадратов.

Функциональные модели были построены для изучения зависимости между объемом ввода жилой площади $V(t)$ (в м^2 общей площади) и необходимыми капитальными вложениями $K(t)$ (в руб.):

$$V(t) = c_1(t)K(t) + c_2(t)K(t-1); \qquad (3.78)$$

$$K(t) = d_1(t)V(t) + d_2(t)V(t+1). \qquad (3.79)$$

В модели (3.78) искомые функции $c_1(t)$, $c_2(t)$ показывают, какая часть капитальных вложений в годы t и $(t-1)$ овеществляется в объеме ввода жилья данного года t. Искомые функции в модели (3.79) $d_1(t)$ и $d_2(t)$ позволяют определить, какая часть капитальных вложений данного

года t необходима для обеспечения объема ввода жилья соответственно в году t и задела по вводу в году $(t+1)$.

В качестве функций $c_1(t)$ и $c_2(t)$, $d_1(t)$ и $d_2(t)$ выбирались некоторые двухпараметрические функциональные зависимости $f_i(a, b, t)$ (a, b – параметры). Оценкой параметров a и b являются значения a_0 и b_0, минимизирующие критерий качества аппроксимации:

$$\sigma_1^2 = \Sigma_{t=t_1}^{t_2} [V(t) - f_1(a, b, t)K(t) - f_2(a, b, t)K(t-1)]^2 \qquad (3.80)$$

для модели (3.78) и

$$\sigma_2^2 = \Sigma_{t=t_1}^{t_2} [K(t) - f_3(a, b, t)V(t) - f_4(a, b, t)V(t+1)]^2 \qquad (3.81)$$

для модели (3.79).

Оценка значений функций показала, что коэффициенты $c_2(t)$ и $d_2(t)$ можно считать тождественно равными нулю. Это математически подтверждает тот факт, что капиталовложения в жилищном строительстве осваиваются в среднем в течение одного года. Практика жилищного строительства подтверждает обоснованность такого утверждения.

Отсюда следует важный вывод о том, что отношение $K(t)/V(t)$ отражает содержательную экономическую характеристику жилищного строительства – среднюю стоимость $d(t)$ 1 м^2 вводимой площади в году t. Этот показатель широко используется в экономической литературе. Приведенные соображения показывают целесообразность и обоснованность его применения.

Полученные оценки искомых функций позволяют перейти к более детальному прогнозу динамики указанных показателей.

Для использования моделей (3.78) или (3.79) необходимо получить прогнозные значения объемов капиталовложений (соответственно вводов). Поэтому для дальнейшего исследования можно использовать экстраполяционные зависимости для ввода в действие жилой площади, объемов капиталовложений и средней стоимости строительства 1 м^2. На первом этапе расчетов искомый прогноз определяется из фиксированного набора двухпараметрических функций вида

$$\varphi_i(t) = a_i + b_i f_i(t), \qquad (3.82)$$

где $i = 1, 2, 3, 4, 5$; $t = 1, ..., T$; $t = 1$ соответствует первому, а $t = T$ – последнему году базисного отчетного периода, a_i, b_i – действительные числа; $f_1(t) = 1/t$; $f_2(t) = \sqrt{t}$; $f_3(t) = t$; $f_4(t) = \ln(t+1)$; $f_5(t) = 1/[1 + \ln(t+1)]$.

Для каждой функции вида $\varphi_i(t)$ коэффициенты a_i и b_i подбираются так, чтобы они минимизировали сумму квадратов отклонений теоретических значений от наблюдаемых, т.е., например, чтобы для $V(t)$ они минимизировали величину

$$\sigma_i^2 = \Sigma_{t=1}^{T} [a_i + b_i f_i(t) - V(t)]^2. \qquad (3.83)$$

В результате расчетов получают совокупность коэффициентов a_i, b_i и соответствующих значений σ_i^2, характеризующих ошибку аппроксимации.

После анализа полученных результатов на втором этапе заранее заданные функции изменяются для улучшения качества аппроксимации и эвристического учета дополнительных данных (например, директивных указаний о динамике изучаемых показателей). В итоге получают несколько наборов экстраполяционных зависимостей для показателей $V(t), K(t), C(t)$.

Для выбора окончательного варианта используются согласующие модели. Необходимость применения согласующих моделей следует из того, что автономное прогнозирование отдельных показателей с помощью экстраполяционных зависимостей приводит на практике к несоблюдению для расчетных значений условий согласования типа

$$d(t) = \frac{K(t)}{V(t)}.$$

Таким образом, согласующие модели основываются на определении из всех имеющихся вариантов прогнозов $V(t), K(t), C(t)$ только варианта $V_0(t), K_0(t), C_0(t)$, который, во-первых, дает хорошее приближение для фактических значений соответствующих величин в отчетном периоде $1 \leqslant t \leqslant T$ и, во-вторых, характеризуется тем, что для отчетного и прогнозного периодов величина рассогласования $(K_0/V_0 - d_0)$ принимает достаточно малое значение. Решение задачи основывается на предварительном отборе некоторой тройки опорных (эталонных) вариантов и формализованном переборе этих троек и всех пар имеющихся прогнозных вариантов $K(t)$ и $V(t)$, $K(t)$ и $d(t)$ или $d(t)$ и $V(t)$.

Каждую такую пару сравнивают, во-первых, с соответствующими эталонными прогнозами из выбранной опорной тройки, и, во-вторых, для каждой пары сравнивают с эталонным прогнозом величину K/V. (или K/d, или $d \cdot V$). В качестве формального критерия используем следующие квадратичные суммы:

$$\sigma_1^2(i, j, m, n, s) = \Sigma_{t=1}^{T+t_\eta} \Big\{ D_1 [K_i(t) - K_m^{\Э}(t)]^2 +$$

$$+ D_2 \Big[\frac{K_i(t) \cdot 10^3}{V_j(t)} - d_s^{\Э}(t)\Big]^2 + D_3 [V_j(t) - V_n^{\Э}(t)]^2 \Big\};$$

$$\sigma_2^2(i, j, m, n, s) = \Sigma_{t=1}^{T+t_\eta} \Big\{ D_1 [d_j(t) V_i(t) - K_m^{\Э}(t)]^2 +$$

$$+ D_2 [d_j(t) - d_n^{\Э}(t)]^2 + D_3 \Big[\frac{K_j \cdot 10^3}{d_j(t)} - V_s^{\Э}(t)\Big]^2 \Big\};$$

$$\sigma_3^2(i, j, m, n, s) = \Sigma_{t=1}^{T+t_\eta} \Big\{ D_1 [10^{-3} d_j(t) V_i(t) - K_s^{\Э}(t)]^2 +$$

$$+ D_2 [d_j(t) - d_n^{\Э}(t)]^2 + D_3 [V_i(t) - V_m^{\Э}(t)]^2 \Big\},$$

где t_n – период прогнозирования; i, j – номера экстраполяционных зависимостей из предварительно рассчитанных наборов; m, n, s – номера эталонных вариантов, выбранных в качестве опорных.

Коэффициенты D_1, D_2, D_3 выбирают с таким расчетом, чтобы все слагаемые в суммах δ_i^2 были величинами примерно одного порядка. В данной серии расчетов для коэффициентов D_i были приняты значения $D_1 = 10^2$, $D_2 = 10^6$, $D_3 = 1$.

Из полученных сумм σ_i^2 выбирается наименьшая. Оптимальным прогнозом считается пара вариантов, дающая наименьшую сумму квадратов отклонений. В качестве прогноза для недостающего третьего показателя выбирается эталонный прогноз из соответствующей тройки. Например, если наименьшее значение принимает сумма σ_2^2 $(i_0, j_0, m_0, n_0, s_0)$, то в качестве оптимального выбирается прогноз, задаваемый функциями $K_{i_0}(t)$, $C_{j_0}(t)$, $V_{s_0}^{\partial}(t)$.

В окончательном варианте согласованных зависимостей средние относительные отклонения, характеризующие ошибку аппроксимации, имеют следующие значения: для вводов – 1,6 %, для капиталовложений – 1,3, для средней стоимости 1 м^2 жилищ – 1,7 %. Ошибки аппроксимации в других вариантах функциональных зависимостей, отобранных на предварительной стадии, характеризовались значениями, близкими к указанным выше, и составляли соответственно 1,4; 1,7; 1,8 %. Эти варианты были исключены из дальнейшего рассмотрения, так как давали значительно худшие результаты по согласованию исходных и прогнозных оценок всей совокупности изучаемых показателей.

В рамках поставленной задачи наиболее целесообразным оказалось выполнение следующего прогноза сложного со статистической точки зрения ряда выбытий фондов. Значение вводов жилой площади, полученные на предыдущем этапе расчетов, позволяют выделить как в отчетном, так и в прогнозируемом периоде две составные части: возмещающую выбытие, численно равную выбытиям $W(t)$ и идущую на расширение объема жилищного фонда $X(t)$. Таким образом,

$$V(t) = W(t) + X(t). \tag{3.85}$$

Расчеты объема выбытия осуществлялись путем прогноза вектора $(W(t), X(t))$, удовлетворяющего балансовому равенству (3.85). Параметры матрицы роста указанного вектора оценивались с помощью метода наименьших квадратов, аналогично методике разд. 3.1. Нормирование прогнозных значений вектора "распределения" вводов осуществлялось стандартной нормировкой.

Прогнозная динамика жилищного фонда $\Phi(t)$ определяется в рамках данной задачи с помощью обычного балансового соотношения

$$\Phi(t) = \Phi(t-1) + V(t) - W(t). \tag{3.86}$$

Исходя из (3.86) нетрудно рассчитать показатели обеспеченности населения жилой площадью, износа жилищного фонда и т.п. (при за-

данных прогнозных значениях фондов и некоторых дополнительных параметрах экономического развития).

Описываемая система расчетов, прошедшая экспериментальную проверку на реальном статистическом материале, может быть рекомендована также для планирования перспективного развития жилищного фонда союзных республик, крупных экономических районов, отдельных министерств и ведомств и т.д.

Изложенная методика и соответствующие машинные программы могут использоваться в других, модифицированных для других конкретных случаев расчетных схемах. Например, по заданному уровню жилищного строительства можно исходя из данных прогноза средней стоимости строительства 1 $м^2$ жилищ (полученного в описываемой схеме) определить показатели вводов. Завершающие вычислительные процедуры, изложенные выше, позволяют рассчитывать выбытие жилищного фонда, обеспеченность населения жилищами и т.п.

Модели анализа и прогнозирования дифференцированных балансов доходов и потребления населения. Дифференцированный баланс доходов и потребления населения представляет собой систему взаимосвязанных экономико-математических моделей, предназначенных для определения отчетной и прогнозной дифференцированной структуры индивидуальных доходов и потребления.

Дифференциация осуществляется по двум основным социальным группам (рабочие и служащие включены в первую, а колхозники – во вторую социальную группу) и в рамках каждой из них – по группам семей с различным уровнем обеспеченности. В состав системы входят следующие основные модели:

1) модель распределения населения по уровню среднедушевого индивидуального национального дохода;

2) модель определения структуры индивидуальных доходов населения;

3) модель определения структуры индивидуального потребления населения;

4) структурно-динамическая модель расходной части дифференциального баланса.

Последовательность расчетов, обеспечиваемая моделями дифференциального баланса, начинается с использования модели распределения населения по уровню среднедушевого дохода. В основу модели положено экспериментально подтверждаемое различными расчетами предположение о том, что распределение населения по уровню дохода, приходящегося на одного члена семьи, подчиняется двухпараметрическому логарифмически нормальному закону.

На следующем этапе производится расчет зависимости отдельных элементов структуры дохода от уровня среднедушевого индивидуального номинального дохода. На основании данных бюджетной статистики, баланса народного хозяйства и результатов предыдущих этапов производится также расчет различных вариантов структуры индивидуального

потребления. Для более полного учета временных тенденций в структуре индивидуального потребления населения на заключительном этапе дополнительно используется структурно-динамическая модель расходной части дифференциального баланса, находящаяся в настоящее время на стадии внедрения.

Перейдем теперь к изложению деталей построения и использования отдельных моделей.

Логарифмически нормальная функция распределения, положенная в основу модели дифференциации населения по уровню среднедушевого дохода, имеет вид

$$F(y) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{y} e^{\frac{-(y-a)^2}{2\sigma^2}} dy, \qquad (3.87)$$

где a и σ – два параметра логарифмически нормального распределения (a – математическое ожидание, σ^2 – дисперсия нормально распределенной величины $y = \ln x$, x – доходы населения).

Для отчетного периода в качестве оценок параметров a и σ на предварительной стадии можно выбрать значения a_0 и σ_0, минимизирующие следующую сумму квадратов отклонений теоретических значений от экспериментальных, наблюдаемых в бюджетной статистике:

$$Y = \Sigma_{i=1}^{N} (y_i^T - y_i)^2, \qquad (3.88)$$

где y_i^T – доля населения в i-м интервале доходов, определяемая плотностью распределения

$$P(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(\ln x - a)^2}{2\sigma^2}}, \quad x > 0, \qquad (3.89)$$

($P(x)$ находится из функции $F(y)$ дифференцированием; y_i – доля населения в i-м интервале доходов по данным бюджетной статистики, N – число групп с различным уровнем доходов).

В случае достаточно малой величины Y, характеризующей отклонение теоретических и экспериментальных значений, производится уточнение параметров логарифмически нормального распределения по формулам:

$$a = D_{cp}; \qquad (3.90)$$

$$\sigma = -3 + \sqrt{9 - 2\ln(x_{\min}/D_{cp})}, \qquad (3.91)$$

где D_{cp} – среднедушевой доход населения, взятый из народнохозяйственных данных; $x_{\min}$ – минимальный доход населения, определяемый экспертным путем и с помощью некоторых оценок из бюджетной статистики.

В случае недопустимо большого уровня значения Y обычно переходят к другим распределениям. Мы не будем на этом детально останавливаться.

Для прогнозного периода расчеты проводятся на основании соотношений:

$$x_{\min}(t) = f_i(t);$$

$$a(t) = \varphi_j(t);$$

$$\sigma(t) = -3 + \sqrt{9 - 2\ln(x_{\min}(t) / a(t)};$$

$$P(x, t) = \frac{1}{\sigma(t)\sqrt{2\pi}} l^{\frac{-(\ln x - a(t))^2}{2\sigma^2(t)}}; \qquad (3.92)$$

$$u_i = \ln x_i;$$

$$y_i(t) = \int_{u_i}^{u_i + 1} P(x, t) d(\ln x),$$

где $x_{\min}(t)$ – минимальный доход населения в году t; $a(t)$ – среднедушевой доход населения в году t; $\sigma(t)$ – дисперсия; $P(x, t)$ – прогноз значения плотности вероятности распределения доходов населения в году t с параметрами $a(t)$, $\sigma(t)$; $y_i(t)$ – доля людей в i-м интервале доходов в году t; $u(t)$ – вспомогательные переменные; x_i – значение дохода, разделяющего $(i-1)$-й и i-й интервалы доходов; $f_i(t)$, $\varphi_j(t)$ – искомые функциональные зависимости, составляемые на основе отчетных данных.

Расчеты по описанной модели проводятся отдельно для двух социальных групп. В результате проведения расчетов получают данные о величине среднего дохода и численности населения в различных интервалах доходов для указанных выше социальных групп населения.

В основу модели определения структуры индивидуальных доходов населения положены соотношения:

$$y_{ijk} = a_{ik} + b_{ik}x_{jk};$$

$$y_{ijk} = a_{ik}x_{jk}^{b_{ik}};$$

$$Z_{ijk} = y_{ijk}N_{jk}; \qquad (3.93)$$

$$\gamma_{ik} = x_{jk} / \sum_{i=1}^{m_k} y_{ijk};$$

$$s_{ik} = V_{ik} / \sum_{j=1}^{n_k} y_{ijk}N_{jk},$$

где i – индекс элемента дохода, $i = 1, 2, ..., m_k$; j – индекс группы обеспеченности, $j = 1, 2, ..., n_k$; k – индекс социальной группы, $k = 1, 2, ...$;

x_{jk} – средний доход в группе (j, k); N_{jk} – численность населения в группе (j, k); y_{ijk} – величина i-го элемента дохода на душу населения в группе (j, k); Z_{ijk} – соответствующий фонд дохода; γ_{jk}, s_{ik} – поправочные коэффициенты; V_{ik} – итоговые значения фондов по каждому элементу дохода.

Расчеты по представленной модели основаны на данных бюджетной статистики о социальном разрезе индивидуальных доходов населения, значениях народнохозяйственных фондов по отдельным элементам доходов и результатах расчетов по модели распределения населения по уровню среднедушевого дохода. Модель используется при построении отчетных и плановых дифференцированных балансов. При построении плановой модели используются прогнозные значения параметров уравнений регрессии a_{ik}, b_{ik}, вычисленные с помощью метода наименьших квадратов. Вид уравнения регрессии (линейный или степенной) определяется после тщательного экономического анализа вариантов значений y_{ijk}, Z_{ijk}.

Аналогичные предыдущим соотношения положены также в основу модели определения структуры индивидуального потребления населения:

$$
\begin{aligned}
y_{ijk} &= a_{ik} + b_{ik}x_{jk};\\
y_{ijk} &= a_{ik}x_{ik}^{b_{ik}};\\
Z_{ijk} &= y_{ijk}N_{ik};\\
\Sigma_{i=1}^{m_k}\bar{Z}_{ijk} &= x_{jk}N_{jk};\\
\Sigma_{k=1}^{2}\Sigma_{j=1}^{n_k}\bar{Z}_{ijk} &= V_i,
\end{aligned}
\qquad (3.94)
$$

где i – индекс позиции потребления, $i = 1, 2, ..., m_k$; j – индекс группы обеспеченности, $j = 1, 2, ..., n_k$; k – индекс социальной группы, $k = 1, 2, ..., x_{jk}$ – средний доход в группе (j, k); y_{ijk} – среднедушевое потребление, Z_{ijk} – промежуточные фонды потребления, $\bar{Z}_{ijk}$ – окончательные фонды потребления; a_{ik}, b_{ik} – параметры уравнений регрессии; N_{jk} – численность населения группы; V_i – народнохозяйственные фонды потребления.

Для проведения расчетов используются данные бюджетной статистики об индивидуальном потреблении населения в социальном разрезе, значения народнохозяйственных фондов отдельных элементов потребления по всему населению в целом и результаты расчетов по модели распределения о значениях среднего дохода и численности населения различных доходных групп в социальном разрезе. Необходимые расчеты проводятся в несколько этапов. На первом этапе осуществляется построение промежуточной отчетной модели. На основании данных бюджетной статистики определяются уравнения регрессии, наилучшим образом отражающие зависимость норм потребления на душу населения от сред-

него дохода по каждому элементу потребления для различных доходных групп. Следующий этап расчетов заключается в построении матрицы фондов потребления. Для этой цели используются среднедушевые нормы потребления, полученные на предыдущем этапе, и численность населения различных групп обеспеченности доходом, определяемая в результате расчетов по модели распределения. Полученная матрица фондов потребления учитывает зависимость душевого потребления отдельных видов товаров и услуг от соответствующих доходов. Однако для учета эффектов взаимной заменяемости товаров и услуг, а также различных источников формирования доходов необходима дополнительная коррекция полученной матрицы фондов потребления. Коррекция осуществляется с помощью метода последовательной нормировки строк и столбцов, обеспечивающей достижение народнохозяйственных фондов потребления населения в целом по отдельным видам товаров и услуг и соответствующих фондов совокупного дохода населения каждой группы обеспеченности. Указанный тип коррекции (балансировки) имеет в литературе название метода RAS. Возможны также другие типы коррекции. В настоящее время возможности других типов коррекции для построения дифференцированных балансов изучаются на экспериментальном материале.

Процесс коррекции по методу RAS продолжается до тех пор, пока отклонения получаемых строчных и столбцовых сумм будут отличаться от соответствующих народнохозяйственных фондов потребления и номинальных доходов на величину, меньшую заданной точности ϵ. Методической особенностью расчетов является осуществление балансировки в два этапа, необходимые для повышения устойчивости и надежности окончательных результатов. На первом этапе производится балансировка достаточно агрегированной матрицы потребления (6 строк). На втором этапе идет балансировка в пределах каждой укрупненной позиции потребления.

В итоге балансировки получают отчетную модель потребления, содержащую фонды $\bar{Z}_{ijk}$ и дифференцированные нормы потребления на душу населения $y_{ijk} = \bar{Z}_{ijk}/N_{jk}$ для отчетного года.

Построение плановой модели в целом аналогично процедуре построения отчетной модели потребления. Однако при численной реализации возникают новые особенности, сущность которых объясняется необходимостью расчета некоторых новых данных. В частности, параметры уравнения связи между нормами потребления и среднедушевыми доходами пересчитываются на основе отчетных значений y_{ijk} и x_{jk}, а плановые значения y_{ijk} рассчитываются с помощью новых уравнений связи по плановым значениям x_{jk}.

Значения x_{jk} рассчитывают с помощью модели распределения для данного планового года. Для получения "спросной" модели потребления, сбалансированной по итоговым расходам в каждой группе обеспеченности, осуществляется нормировка столбцовых сумм с помощью поправочных коэффициентов:

$$\gamma_{jk} = x_{jk} / \Sigma_{i=1}^{m_k} y_{ijk},$$

где m_k – соответствующее число позиций потребления.

В структурно-динамической модели расходной части дифференцированного баланса используются соотношения:

$$\begin{bmatrix} y_{1jk}(t) \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ y_{njk}(t) \end{bmatrix} = A(t) \begin{bmatrix} y_{1jk}(t-1) \\ \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\ y_{njk}(t-1) \end{bmatrix} ; \quad (3.95)$$

$$\Sigma_{i=1}^{n} y_{ijk}(t) = x_{jk}(t),$$

где y_{ijk} – i-й элемент среднедушевого потребления j-й группы обеспеченности в k-й социальной группе в году t; $x_{jk}(t)$ – средний доход j-й группы обеспеченности в k-й социальной группе в году t; $A(t)$ – матрица роста.

Представленная модель -- модель матричного типа, позволяющая более полно, чем описываемые выше, учитывать временны́е тенденции в структуре индивидуального потребления и согласовывать прогнозные значения структуры индивидуального потребления с индивидуальными номинальными доходами соответствующих социальных групп.

Кроме того, как показал накопленный опыт, использование различных методов для прогноза одного и того же экономического процесса повышает надежность прогнозных оценок и поэтому все шире практикуется в проведении плановых и прогнозных расчетов.

Исходными являются матрицы фондов потребления за отчетные годы, сбалансированные по суммарным фондам потребления и совокупным доходам соответствующих групп населения. Путем деления элементов матрицы фондов потребления на соответствующие расчетные значения численности населения осуществляется расчет матрицы норм потребления за отчетный период. Прогноз матриц норм потребления осуществляется следующим образом. Матрицы норм потребления разбиваются на отдельные многомерные динамические ряды, характеризующие нормы потребления всех видов товаров и услуг в данной группе обеспеченности доходами. На первом этапе осуществляются многовариантные прогнозы многомерных динамических рядов норм потребления, учитывающие взаимные связи между потреблением различных товаров и услуг и требования сбалансированности с доходами данной группы. На втором этапе производятся объединение полученных прогнозов отдельных многомерных рядов в матрицы норм потребления, анализ различных прогнозных вариантов и принятие соответствующего решения. При необходимости из матриц норм потребления аналогично предыдущему можно получить вариант матрицы фондов потребления, произвести расчеты, связанные с балансировкой на народнохозяйственные фонды и т.п.

Путем незначительной модификации описанной модели можно осуществить также прогноз структуры потребления с выходом на заданную в последнем году планового периода нормативную структуру.

Оценка отчетных и перспективных дифференцированных балансов доходов и потребления населения является важным элементом обоснования плановых объемов и структуры доходов и потребления населения.

Моделирование распределений и оценка их параметров. В экономических исследованиях процессы распределения и дифференциации обычно изучаются с помощью непрерывных вероятностных законов распределения. Наиболее часто используются нормальный закон распределения, логарифмически нормальное распределение, кривые распределения Пирсона. Нормальное распределение характеризуется симметричностью относительно среднего значения изучаемого процесса и существует для случайных значений величины в интервале $(-\infty, +\infty)$. Логарифмически нормальное распределение существует для неотрицательных значений случайной величины и характеризуется умеренной правосторонней скошенностью. Кривые распределения Пирсона характеризуются универсальностью и охватывают практически все встречающиеся на практике ситуации.

Можно выделить следующие основные этапы анализа кривых распределения: определение типа кривой, т.е. закона распределения, в наилучшей степени отражающего данный эмпирический процесс; оценка параметров распределения; определение искомых частот ряда распределения исходя из найденных параметров; оценка близости теоретического и эмпирического распределений, позволяющая сделать вывод о приемлемости выбранного закона.

При определении типа кривой распределения используются качественные представления о характере изучаемого процесса. В сложных случаях предварительно выбирают в качестве исходных несколько типов кривых распределения. В ряде случаев (например, при изучении задач распределения доходов) предварительный анализ позволяет ограничиться одним типом кривых распределения.

Наиболее общим является экстремальный подход к оценке параметров выбранного распределения. Суть его заключается в следующем. Пусть $y_1, y_2, \ldots, y_n$ – заданный эмпирический ряд частот; y_i^T – теоретические значения частот попадания в i-й интервал. В качестве критерия близости теоретического распределения с эмпирическим выберем квадратичный функционал

$$\Phi = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} (y_i^T - y_i)^2, \qquad (3.96)$$

характеризующий среднее значение суммы квадратов отклонений соответствующих значений частот по всем интервалам.

Экстремальный подход заключается в определении параметров некоторого выбранного распределения, при которых функционал Φ принимает минимальное значение. Как правило, решение такой задачи

требует соответствующих вычислений на современных ЭВМ. В настоящее время разработан целый ряд вычислительных программ, позволяющих в кратчайшее время оперативно оценивать указанным способом параметры различных распределений.

На практике используют также и более простые методы оценки параметров. Проиллюстрируем один из таких методов на примере оценки параметров логарифмически нормального распределения, использующегося при изучении процессов дифференциации доходов, заработной платы и т.д.

Плотность распределения случайной величины x, описываемой логарифмически нормальным законом, имеет вид

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(\ln x - a)^2}{2\sigma^2}}, \qquad (3.97)$$

где a – математическое ожидание случайной величины $\ln x$; σ^2 – ее дисперсия. Воспользовавшись формулами для определения среднего значения и дисперсии, можно получить оценки данного распределения.

В плановых расчетах экономическая интерпретация и непосредственная оценка дисперсии достаточно затруднительны. Поэтому для оценки параметров распределения a и σ пользуются данными о среднем и минимальном уровнях изучаемой случайной величины. Можно показать, что среднее значение a_x случайной величины x удовлетворяет равенству

$$a_x = e^{a + \frac{\sigma^2}{2}}; \quad (a + \frac{\sigma^2}{2} = \ln a_x). \qquad (3.98)$$

Если считать заданным значение минимального уровня случайной величины x и использовать правило "трех сигм" для размаха случайной величины, то справедливо следующее равенство для определения оценки $\hat{a}$ параметра логарифмически нормального распределения:

$$\hat{a} = 3\sigma + \ln x_{\min}. \qquad (3.99)$$

Используя (3.98), путем решения квадратного уравнения

$$3\sigma + \ln x_{\min} + \frac{\sigma^2}{2} = \ln a_x$$

находим оценку $\hat{\sigma}$ второго параметра логарифмически нормального уравнения

$$\hat{\sigma} = -3 + \sqrt{9 - 2\ln(x_{\min}/a_x)}. \qquad (3.100)$$

Значения (3.99), (3.100) параметров закона распределения позволяют вычислить накопленные частости и частоты, соответствующие различным интервалам изменения случайной величины.

Для определения накопленной частости, соответствующей i-му

интервалу изменения случайной величины, необходимо воспользоваться формулой

$$F(t_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{t_i} e^{-\frac{(\ln x - \hat{a})^2}{2\sigma^2}} dx, \qquad (3.101)$$

где $t_i = (\ln x - \hat{a})/\hat{o}$, $i = 1, 2, ..., n+1$; $x_1 = x_{\min}$; $x_{n+1} = x_{\max}$.

Соответствующие частоты попадания в i-й интервал определяются как разности: $\Delta F_i = F(t_{i+1}) - F(t_i)$.

Зная частоты, нетрудно найти и абсолютные значения соответствующих объемных показателей.

Литература к главе 3

1. Бергстром А. Построение и применение эконометрических моделей. М.: Прогресс, 1970.
2. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц. М.: Наука, 1967.
3. Гласс Дж., Стэнли Дж. Статистические методы в практике и психологии. М.: Прогресс, 1976.
4. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М.: Наука, 1964.
5. Константинов В.М. Моделирование роста народного благосостояния в народнохозяйственных планах и прогнозах. М.: Наука, 1986.
6. Маринеску И., Монтину Ч. и др. Основы математической статистики и ее применение. М.: Статистика, 1971.
7. Мартино Дж. Технологическое прогнозирование. М.: Прогресс, 1977.
8. Фишер Ф.А. Статистические методы для исследователей. М.: Госстатиздат, 1958.

Глава 4

БАЛАНСОВЫЕ МОДЕЛИ

4.1. БАЛАНСОВЫЙ МЕТОД И БАЛАНСОВЫЕ МОДЕЛИ

Основным методом взаимной увязки ресурсов и потребностей, обеспечения необходимой пропорциональности в развитии социалистического народного хозяйства является балансовый метод. При составлении текущих и перспективных планов экономического и социального развития страны и для контроля за их выполнением в Госплане СССР разрабатывается система синтетических, сводных и частных материальных, трудовых и финансовых балансов. Эту систему можно представить в виде некой пирамиды, вершину которой образует баланс народного хозяйства, характеризующий темпы, показатели и пропорции в развитии экономики в целом, ее подразделений и основных отраслей, а в основании лежат более 2000 материальных балансов, которые устанавливают соответствие в производстве и использовании отдельных конкретных видов продукции.

Всеобщая взаимообусловленность в народном хозяйстве, примат общих интересов над частными предопределяют высокую степень взаимозависимости между всеми балансами, применяемыми в процессе разработки планов. Именно поэтому балансы образуют единую систему: показатели одного баланса тесно связаны с показателями других и изменение любого показателя отдельного баланса приводит к изменению показателей других (в пределе всех) балансов. При этом существенное значение имеют как горизонтальные взаимосвязи между балансами одного уровня пирамиды, о которой шла речь выше, так и вертикальные взаимосвязи между балансами различных уровней этой пирамиды. Если же еще учесть, что все эти связи могут быть не только прямыми, но и обратными, то станет ясно, почему задача согласования различных балансов между собой, которую необходимо решить для получения всесторонне обоснованного плана, является одной из наиболее сложных и трудоемких задач народнохозяйственного планирования.

Для иллюстрации сказанного рассмотрим, например, баланс электроэнергии. При определении в приходной части этого баланса необходимого уровня производства электроэнергии требуется знать потребности в ней всех отраслей материального производства и непроиз-

водственной сферы. Очевидно, что эти потребности зависят от объемов производства в отраслях – потребителях электроэнергии. Но объем производства ферросплавов, синтетического каучука, химических удобрений, алюминия и т.д. в момент составления баланса электроэнергии еще не известен, так как одновременно с ним разрабатываются и материальные балансы этих продуктов. Вместе с тем возможный уровень производства электроэнергии существенно зависит от того, какие, например, расходы угля в электроэнергетике предусматриваются в балансе угля. Таким образом, приходная часть одного материального баланса зависит от расходной части других балансов и наоборот.

Кроме того, при определении объема производства как основного элемента ресурсной части материального баланса необходимо знать выделяемые отрасли капитальные вложения, а их общий объем (и, следовательно, распределение по отраслям) зависит от ресурсов оборудования и строительных материалов, которые опять же являются статьями расходной части соответствующих материальных балансов.

Если продолжить эти рассуждения, то можно прийти к заключению о невозможности балансового обоснования объемов производства, поскольку для составления каждого отдельного баланса требуется знать весь народнохозяйственный план. Практика планирования находит выход из этого "порочного круга", используя метод, который зародился еще в годы первых советских пятилеток и получил название метода последовательных вариантных приближений. Суть его хорошо сформулирована видным советским ученым-экономистом, который много лет проработал в Госплане СССР, Г.М.Сорокиным: "Приступая к составлению плана по той или иной отрасли, составители сталкиваются со многими неизвестными... Но в этом положении находятся все отрасли, так как каждая из них связана со многими отраслями народного хозяйства и для решения до конца всех вопросов одной отрасли нужно иметь весь народнохозяйственный план. Чтобы выйти из этого круга, его нужно в каком-то месте разрубить, составить по отраслям сначала в известной мере условный план, а затем поправить его с учетом всех связей в народном хозяйстве... В процессе дальнейшей работы над планом в эти первоначально сделанные по отраслям программы вносятся поправки на основе балансов, показывающих связи отраслей с народным хозяйством, и, прежде чем будет окончательно составлен приемлемый план, в котором все отрасли увязываются между собой, обычно приходится составлять несколько его вариантов"[1].

Такой процесс составления и согласования отраслевых проектировок по своему содержанию схож с итерационной процедурой решения системы линейных алгебраических уравнений. Действительно, баланс производства и распределения продукции каждой отрасли можно рассматривать как линейное уравнение (сумма показателей приходной части баланса должна быть равна сумме показателей его расходной части)

[1] Плановое хозяйство. 1956. №1.

со многими неизвестными. При этом некоторые неизвестные (например, статьи расхода электроэнергии на производство алюминия, синтетического каучука и т.д.) одного балансового уравнения (в нашем примере – баланса электроэнергии) функционально связаны с неизвестными других уравнений (в нашем примере – с неизвестными объемами производства алюминия, синтетического каучука и т.д., которые являются элементами приходной части балансов алюминия, синтетического каучука и т.д.). Поэтому балансы производства и распределения продукции, собранные вместе, образуют систему уравнений со многими неизвестными. Чтобы эту систему решить, нужно часть из неизвестных задать ("разрубить" в каком-то месте круг взаимосвязей, выражаясь словами Г.М.Сорокина), а остальные рассчитать исходя из заданных. Выполняя такую процедуру многократно, можно обеспечить как соответствие приходной и расходной частей каждого отдельного балансового уравнения, так и согласование между всеми уравнениями системы с учетом функциональных взаимосвязей между их переменными.

Трансформация отдельных материальных балансов в балансовые уравнения и их объединение в единую систему означает по существу построение модели межотраслевого баланса производства и распределения продукции. Решение такой модели на ЭВМ методами матричной алгебры позволяет определить взаимоувязанные объемы производства продукции, которые обычно отражаются в расходной части материальных балансов. На тех же принципах строятся и более сложные межотраслевые модели, которые могут использоваться не только для согласования материальных балансов, но и в расчетах по обеспечению сбалансированности показателей плана производства с показателями плана капитального строительства и плана по труду и т.д.

Межотраслевой баланс – характерный пример балансовой модели для народного хозяйства в целом. Очевидно, что различные балансовые модели могут строиться и для описания отдельных сфер, подразделений, отраслей и функциональных аспектов экономики.

Так, каждый из упоминавшихся выше частных материальных балансов может быть представлен в виде линейного алгебраического уравнения, на основе которого и строится соответствующая однопродуктовая балансовая модель. Или, например, для описания воспроизводства основных фондов может быть использована балансовая модель также в виде линейного алгебраического уравнения, левая часть которого характеризует ресурсы (фонды на начало периода, их ввод и выбытие в плановом периоде), а правая – потребность (на производство продукции в отраслях, где эти фонды используются) в данном виде основных фондов. Исходя из того же принципа соблюдения условий равенства ресурсов и потребностей, строятся и другие балансовые модели: денежных доходов и расходов денежных ресурсов, спроса и предложения и др. Не случайно поэтому, что и в результате решения балансовой модели мы, как правило, получаем то, что применительно к данному объекту моделирования принято называть б а л а н с о м. Однако, чтобы полу-

чить это решение, необходимо сначала четко определить все статьи баланса, выявить функциональные связи между ними и их количественную меру, установить, какие из показателей, характеризующих ту или иную статью баланса, можно обосновать и задать в качестве исходных и какие следует получить в результате решения модели.

Так, например, в балансе основных фондов естественно считать известной (по факту или данным об ожидаемом выполнении плана) величину фондов на начало периода, показатель ввода основных фондов в течение планового периода функционально связать с планируемыми капитальными вложениями, а будущее выбытие фондов рассматривать как функцию (в частности, линейную однородную) от фондов на начало периода. Тогда модель данного баланса можно построить таким образом, что при заданной потребности в основных фондах на конец периода из нее можно будет получить обеспечивающие эту потребность капитальные вложения, либо при заданных капитальных вложениях рассчитать объем основных фондов, которым мы будем располагать к концу планового периода.

Как и сами балансы, балансовые модели могут строиться в натуральных и стоимостных измерителях, относиться к отчетному или плановому периоду, включать один или несколько продуктов, ресурсов или видов деятельности, охватывать отдельный регион или страну в целом и т.д. Соответствующие балансовые модели обычно именуются натуральными (материальными) или стоимостными, отчетными или плановыми, однопродуктовыми или многопродуктовыми, региональными или общесоюзными и т.д. Вместе с тем применительно к балансовым моделям могут быть введены и некоторые специальные классификационные признаки.

Так, межотраслевой баланс (отчетный или плановый, региональный или общесоюзный, натуральный или стоимостной) называют *статическим*, если он характеризует производство и распределение продукции только в рамках одной, отдельно взятой точки временно́й оси – например, в отдельном плановом году. Если же такой баланс характеризует создание и использование ресурсов за ряд последовательных временны́х интервалов (например, за ряд лет), причем показатели одного временно́го интервала функционально увязываются с показателями другого, то такой межотраслевой баланс обычно именуется *динамическим*.

В свою очередь статическая или динамическая балансовая модель может быть *линейной* или *нелинейной* в зависимости от того, при помощи каких функций описывается зависимость между различными показателями этих балансов. Так, в упоминавшейся выше модели баланса основных фондов связь между вводом фондов и капитальными вложениями можно описать линейной функцией, а можно и при помощи более сложной нелинейной функции.

Известны и другие виды балансовых моделей, однако нам достаточно наряду с признаками, традиционно используемыми для характеристики

балансов, знать, что балансовые модели подразделяются на статические и динамические, линейные и нелинейные.

Для выполнения расчетов по простейшим однопродуктовым статическим линейным моделям, которые в конечном счете легко сводятся к одному линейному алгебраическому уравнению, не требуется применения каких-либо специальных методов. Но уже в случае чуть более сложной многопродуктовой модели, которая представляется системой алгебраических уравнений, удобно воспользоваться специальными методами. После этого в разд. 4.2 мы рассмотрим модель межотраслевого баланса. Анализ этой модели позволяет достаточно полно проиллюстрировать общие принципы построения балансовых моделей. Вместе с тем ознакомление с межотраслевыми моделями полезно и потому, что они находят все более широкое применение в практике планирования. Прикладные варианты этих моделей, рекомендуемые к использованию методическими указаниями к разработке государственных планов, рассмотрены в разд. 4.4.

4.2. ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ БАЛАНСОВЫХ МОДЕЛЕЙ МЕЖОТРАСЛЕВЫХ СВЯЗЕЙ

Межотраслевой баланс производства и распределения продукции в натуральном выражении как синтез материальных балансов. Чтобы показать, каким образом можно перейти от частных материальных балансов к межотраслевому балансу производства и распределения продукции в натуральном выражении (для краткости его обычно называют натуральный межотраслевой баланс), рассмотрим условную экономику, в которой производятся и потребляются всего три продукта. Первый из них производится отраслью, которую будем именовать "Промышленность", второй – отраслью "Сельское хозяйство", третий – отраслью "Прочее производство", объединяющей строительство, транспорт и связь (по обслуживанию производственной сферы), торговлю, материально-техническое снабжение, заготовки и т.д. Номера отраслей будем обозначать индексом i, если отрасль рассматривается как производитель продукции, или индексом j, если она выступает как потребитель продукции, так что $i, j = 1, 2, 3$.

Рассмотрим материальный баланс продукции первой отрасли, который представлен в табл. 4.1. В левой и правой частях этой таблицы показаны обычные статьи приходной и расходной частей любого материального баланса, в скобках – буквенные обозначения этих статей, среди которых в пояснении нуждаются обозначения расходов на производственно-эксплуатационные нужды: x_{11}, x_{12}, x_{13}. Первый из подстрочных индексов в этих обозначениях соответствует отрасли-производителю. В данном балансе это промышленность, ее индекс $i = 1$, поэтому первый подстрочный индекс во всех трех элементах затрат промышленной продукции на производственно-эксплуатационные нужды равен еди-

Таблица 4.1

Ресурсы		Потребности	
1. Запасы на начало года ($З_1^н$)	10,0	1. На производственно-эксплуатационные нужды:	
2. Импорт ($И_1$)	7,8	в промышленности (x_{11})	71,2
3. Производство (x_1)	189,1	в сельском хозяйстве (x_{12})	5,4
Итого ресурсов	206,9	в прочем производстве (x_{13})	19,7
		2. На капитальное строительство (K_1)	10,4
		3. На непроизводственное потребление ($П_1$)	72,5
		4. На прочие нужды (P_1)	9,6
		5. Запасы на конец года ($З_1^к$)	13,5
		6. Экспорт ($Э_1$)	4,6
		Итого потребности	206,9

нице. Второй подстрочный индекс – это номер отрасли, в которой затрачивается данная продукция. У нас таких отраслей три, поэтому он "пробегает" значения 1, 2, 3, т.е. $j = 1, 2, 3$. Таким образом, любой элемент расходной части баланса, показывающей потребность (расходы, затраты) в продукции данной отрасли на производственно-эксплуатационные нужды в других отраслях производственной сферы, обозначается через x_{ij}, причем i как номер отрасли-производителя, для которой составляется баланс, фиксируется (в рассматриваемом здесь балансе $i = 1$), а j как номер отрасли-потребителя "пробегает" значения от 1 до n, где n – общее число отраслей (у нас $n = 3$).

В табл. 4.1, так же как и в двух следующих таблицах материальных балансов второй и третьей отраслей, мы не указываем единиц измерения: предполагается, что приводимые показатели даны в каких-либо натуральных измерителях (тоннах, метрах, штуках, киловатт-часах и т.д.) либо в сопоставимых (неизменных) ценах, которые обычно используются для выражения динамики физического объема продукции. Для конкретности укажем, что наш условный пример построен на цифрах отчетного межотраслевого баланса СССР за 1959 г. (см. [1]), поэтому все показатели измерены в млрд. руб. сопоставимых (неизменных 1959 г.) цен.

Приведенные в табл. 4.1 конкретные данные свидетельствуют о сбалансированности ресурсов и распределения промышленной продукции. Условие сбалансированности можно представить и аналитически в форме следующего равенства:

$$З_1^н + И_1 + x_1 = x_{11} + x_{12} + x_{13} + K_1 + П_1 + P_1 + З_1^к + Э_1. \qquad (4.1)$$

Соотношение (4.1) можно рассматривать как уравнение планового баланса производства и распределения продукции. При этом необходимо установить, какие из слагаемых его левой и правой частей являются варьируемыми переменными (т.е. неизвестными, подлежащими определению в результате составления планового баланса) и какие – фиксированными величинами, определяющи-

ми исходные условия составления баланса (первые часто называют основными неизвестными, эндогенными или внутренними, зависимыми переменными, вторые – задаваемыми или неосновными неизвестными, экзогенными или внешними, независимыми переменными).

Обычно в (4.1) в качестве основной переменной выступает x_1. Именно объемы выпуска продукции вырьируются при составлении баланса в зависимости от потребностей в ней и возможностей ее производства. Если x_1 – основная переменная, то все другие слагаемые левой и правой частей (4.1) следует рассматривать с точки зрения их функциональных (прямых и обратных) связей с x_1.

Запасы ($З_1^н$, $З_1^к$) служат для обеспечения ритмичности производства. Источником запасов на начало каждого следующего периода (года) служит продукция прошлых периодов (лет). Не только для отраслей с непродолжительным циклом производства, но и для отраслей с достаточно длительным производственным циклом объем производства в данном периоде (году) может быть существенно различным при одной и той же величине запасов на начало периода (года). Поэтому величины $З_1^н$, $З_1^к$ при построении межотраслевых балансов можно рассматривать как заданные (экзогенные, независимые) переменные.

Внешнеторговый оборот ($Э_1$, $И_1$) оказывает определенное влияние на внутреннее производство, повышению эффективности и сбалансированности которого он должен служить. Однако конкретные значения $Э_1$ и $И_1$ существенно зависят от валютных ресурсов страны и конъюнктуры внешнего рынка; кроме того, эти значения нередко в значительной мере предопределены заключенными ранее долгосрочными соглашениями, контрактами. Поэтому их следует рассматривать как экзогенные переменные, характеризующие условия разработки данного баланса.

Расходы данной продукции на накопление основных фондов (на капитальное строительство – $К_1$) оказывают существенное влияние на объемы ее производства (x_1) и на объемы производства других отраслей (x_2, x_3). Однако это влияние сказывается, как правило, за пределами того года, на который составляется баланс: между временем осуществления капитальных вложений и временем, когда основные фонды (в которых они материализуются) начнут давать отдачу по продукции, проходит определенный период, обычно превышающий один год. Таким образом, источником капитальных вложений является продукция данного года, но на объем производства в данном голу эти капитальные вложения в подавляющей своей части влияния не оказывают. Поэтому при разработке межотраслевого баланса капитальные вложения и их материальное покрытие считаются величиной заданной, т.е. экзогенной переменной.

Расходы на потребление ($П_1$), т.е. затраты продукции данной отрасли на потребление населения и в учреждениях (организациях) непроизводственной сферы, источником которых является продукция данного года, также не оказывают непосредственного воздействия на объемы производства. Непосредственного – потому, что в принципе связь между

направлением продукции на потребление и объемами производства все же имеется. Чем больше будут ресурсы потребления $(П_1 + П_2 + П_3)$, тем лучше можно организовать материальное стимулирование и тем самым создать предпосылки роста производства. Однако связь эта далеко не однозначная, существенное влияние на нее оказывает целый ряд факторов, которые учитываются, но не изучаются в процессе составления материальных балансов. Поэтому величина $П_1$ также считается заданной и выступает в качестве независимой переменной.

Ясно, что независимой переменной, значение которой принимается заданным, является и слагаемое P_1, которое учитывает затраты продукции на госрезервы, покрытие потерь и так называемые прочие нужды.

В отличие от рассмотренных выше первые три слагаемых правой части баланса (4.1) имеют прямые и обратные функциональные связи с основной переменной – объемом производства. Во-первых, налицо непосредственная зависимость между x_1 и x_{11}: чем больше (меньше) объем производства первой продукции, тем больше (меньше) ее затраты на самое себя.

Во-вторых, нетрудно заметить и зависимость между x_1 и x_{12} или x_{13}: с одной стороны, основным источником удовлетворения потребностей второй и третьей отраслей в продукции первой отрасли является производство продукции первой отрасли; с другой стороны, сама первая отрасль является потребителем продукции второй и третьей отраслей, на создание которой затрачивается ее продукция. Поэтому величины x_{11}, x_{12}, x_{13} следует рассматривать как основные переменные, значения которых определяются в результате составления согласованных между собой материальных балансов первой, второй и третьей отраслей в зависимости от планируемых объемов выпуска их продукции.

Итак, анализ показывает, что в (4.1) основными переменными, подлежащими определению из решения задачи, являются $x_1, x_{11}, x_{12}, x_{13}$ и неосновными переменными, фиксируемыми до решения задачи и образующими исходные условия задачи, являются $З_1^н, З_1^к, Э_1, И_1, К_1, П_1, P_1$. В соответствии с этим перепишем балансовое равенство (4.1), собрав в левой его части искомые основные, а в правой части – задаваемые автономно неосновные переменные:

$$x_1 - (x_{11} + x_{12} + x_{13}) = К_1 + П_1 + P_1 + З_1^к - З_1^н - Э_1 - И_1. \qquad (4.2)$$

Алгебраическая сумма элементов правой части выражения (4.2) называется конечной продукцией (или конечным потреблением продукции) первой отрасли и обозначается через Y_1:

$$Y_1 = К_1 + П_1 + P_1 + (З_1^к - З_1^н) + (Э_1 - И_1), \qquad (4.3)$$

т.е. конечная продукция отрасли включает ее затраты на капитальные вложения, непроизводственное потребление, прочие нужды, а также прирост запасов и экспортно-импортное сальдо.

Здесь стоит обратить внимание на следующее. Определение (4.3) конечной продукции отрасли получено нами из формального анализа балансового равенства (4.1): в правой части выражения (4.2) объединены под "именем" конечной продукции те показатели материального баланса, которые функционально не связаны с основной переменной – объемом производства. Известно, однако, и содержательное, экономическое определение категории конечной продукции как той части произведенной отраслью продукции, которая в данном цикле воспроизводства (у нас – в данном году) покидает сферу материального производства. Подчеркнем, что составные элементы Y_1 в (4.3) полностью отвечают и этому определению. Действительно, капитальные вложения (K_1) покидают сферу материального производства в данном году и вернутся в нее через определенное время, равное строительному лагу, в виде основных производственных фондов: непроизводственное потребление ($П_1$) покидает производственную сферу навсегда, так же как и расходы на прочие нужды (P_1) в основной своей части; прирост запасов ($З_1^K - З_1^И$) и экспортно-импортное сальдо ($Э_1 - И_1$), если они положительны, то также выходят за рамки материального производства временно (запасы) или навсегда (превышение $Э_1$ над $И_1$), если же ($З_1^K - З_1^И$) и ($Э - И$) – величины отрицательные, то это означает, что происходит вовлечение в оборот запасов, созданных за счет продукции прошлых лет, а импорт выступает как дополнительный (по отношению к собственному производству) ресурс, т.е. отрицательные ($З_1^K - З_1^И$) и ($Э_1 - И_1$) не являются "частью произведенной отраслью продукции", хотя в этом случае и не покидают сферу материального производства. Таким образом, формальное и содержательное определения конечной продукции идентичны.

Если теперь вернуться к выражению (4.2), то, применив более компактную запись для суммы, стоящей в скобках в его левой части, и с учетом (4.3) получим

$$x_1 = \Sigma_{j=1}^{3} x_{1j} = y_1 \qquad (4.4)$$

или для конкретных значений соответствующих показателей из табл. 4.1: 189,1 – 96,3 = 92,8.

Наши рассуждения и преобразования, проведенные в отношении баланса промышленной продукции, можно повторить и для двух других отраслей. В итоге наряду с (4.2) получаются балансовые уравнения для второй и третьей отраслей:

$$x_2 = \Sigma_{j=1}^{3} x_{2j} = y_2 \quad (52{,}6 - 33{,}9 = 18{,}7); \qquad (4.5)$$

$$x_3 = \Sigma_{j=1}^{3} x_{3j} = y_3 \quad (54{,}8 - 23{,}5 = 31{,}3). \qquad (4.6)$$

Таблица 4.2

$i = 2$ (сельское хозяйство)

Ресурсы		Потребности	
1. Запасы на начало года ($З_2^н$)	4,0	1. На производственно-эксплуатационные нужды:	
2. Импорт ($И_2$)	1,4	в промышленности (x_{21})	21,3
3. Производство (x_1)	52,6	в сельском хозяйстве (x_{22})	12,5
Итого ресурсов	58,0	в прочем производстве (x_{23})	0,1
		2. На капитальное строительство (K_2)	–
		3. На непроизводственное потребление ($П_2$)	17,7
		4. На прочие нужды (P_2)	1,0
		5. Запасы на конец года ($З_2^к$)	4,7
		6. Экспорт ($Э_2$)	0,7
		Итого потребности	58,0

Таблица 4.3

$i = 3$ (прочее производство)

Ресурсы		Потребности	
1. Запасы на начало года ($З_3^н$)	6,0	1. На производственно-эксплуатационные нужды:	
2. Импорт ($И_3$)	–	в промышленности (x_{31})	19,3
3. Производство (x_3)	54,8	в сельском хозяйстве (x_{32})	3,6
Итого ресурсов	60,8	в прочем производстве (x_{33})	0,6
		2. На капитальное строительство (K_3)	17,0
		3. На непроизводственное потребление ($П_3$)	2,1
		4. На прочие нужды (P_3)	11,0
		5. Запасы на конец года ($З_3^к$)	7,1
		6. Экспорт ($Э_3$)	0,1
		Итого потребности	60,8

Используя тот же принцип, который был применен при построении уравнений (4.4) – (4.6), объединим теперь материальные балансы всех трех отраслей в одной сводной таблице – табл. 4.4 (см. также табл. 4.2 и 4.3).

Табличной записи натурального межотраслевого баланса (табл. 4.4) эквивалентна его аналитическая запись в виде системы, объединяющей уравнения (4.4), (4.5), (4.6):

$$\begin{cases} x_1 - \Sigma_j x_{1j} = y_1; \\ x_2 - \Sigma_j x_{2j} = y_2; \\ x_3 - \Sigma_j x_{3j} = y_3. \end{cases} \qquad (4.A)$$

В системе (4.А) величины y_1, y_2, y_3 считаются известными (заданными), остальные величины не известны и подлежат определению из решения задачи. Таким образом, имеем систему из трех линейных уравнений с 12 переменными (три переменные x_i и девять переменных x_{ij}).

Таблица 4.4

Отрасли-потребители / Отрасли-производители	Промежуточная продукция				Конечная продукция							Производство (x_i)
	промышленность 1	сельское хозяйство 2	прочее производство 3	итого	$П_i$	$К_i$	$\Delta З_i$	$Р_i$	$Э_i$	$И_i$	итого (y_i)	
1. Промышленность	x_{11} 71,2	x_{12} 5,4	x_{13} 19,7	$\sum_j x_{1j}$ 96,3	$П_1$ 72,5	$К_1$ 10,4	$\Delta З_1$ 3,5	$Р_1$ 9,6	$Э_1$ 4,6	$И_1$ 7,8	y_1 92,8	x_1 189,1
2. Сельское хозяйство	x_{21} 21,3	x_{22} 12,5	x_{23} 0,1	$\sum_j x_{2j}$ 33,9	$П_2$ 17,7	$К_2$ 0	$\Delta З_2$ 0,7	$Р_2$ 1,0	$Э_2$ 0,7	$И_2$ 1,4	y_2 18,7	x_2 52,6
3. Прочее производство	x_{31} 19,3	x_{32} 3,6	x_{33} 0,6	$\sum_j x_{3j}$ 23,5	$П_3$ 2,1	$К_3$ 17,0	$\Delta З_3$ 1,1	$Р_3$ 11,0	$Э_3$ 0,1	$И_3$ 0	y_3 31,3	x_3 54,8

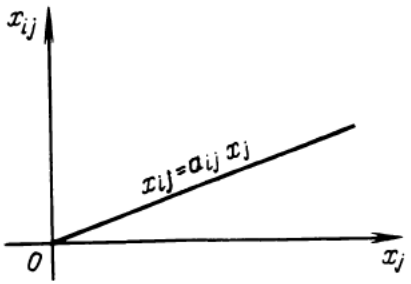

Рис. 4.1.

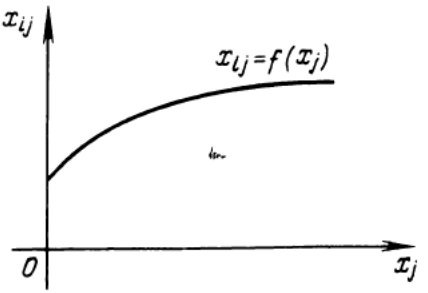

Рис. 4.2.

Как известно, если число переменных превышает число уравнений, то система имеет множество решений. В нашем случае это объясняется тем, что в (4.А) не отражены в явном виде функциональные связи между x_{ij} и x_j, о которых шла речь выше. Обычно в межотраслевых моделях для описания зависимости x_{ij} от x_j используют линейную однородную функцию, которая вводится при помощи некоторого удельного норматива затрат i-й продукции на j-ю продукцию:

$$a_{ij} = x_{ij} / x_j, \tag{4.7}$$

где a_{ij} – коэффициент прямых затрат, показывающий потребность в продукции i-й отрасли на производство единицы продукции j-й отрасли. Соотношение (4.7) можно преобразовать к форме

$$x_{ij} = a_{ij} x_j, \tag{4.7а}$$

т.е. зависимость межотраслевого потока от соответствующего объема производства графически представляется прямой, проходящей через начало координат (рис. 4.1).

Принятие линейной зависимости между затратами одной продукции на другую и выпуском этой другой продукции является определенным упрощением. В действительности, как известно, во-первых, некоторая часть затрат не зависит от объемов производства (условно-постоянные расходы), во-вторых, обычно имеет место так называемый эффект экономии затрат при возрастании объемов производства. Поэтому, вообще говоря, зависимость x_{ij} от x_j правильнее было бы выражать кривой, показанной на рис. 4.2. Однако это существенно усложнило бы постановку задачи, сделав ее нелинейной[1]. Поэтому на практике обычно используют линейную однородную функцию, что не приводит к заметным ошибкам, так как в реальных задачах, как правило, рассматривается не весь диапазон изменения x_j от нуля до бесконечности, а лишь его ограниченный участок. Формально это означает, что вместо функции $x_{ij} = f(x_j)$ рассмат-

[1] Анализ зависимости $x_{ij} = f(x_j)$ дается в монографии В. В. Коссова (см. [7, гл. 1]).

ривается функция $x_{ij} = a_{ij} x_j$ на участке (x_j^{min}, x_j^{max}) так, как это показано на рис. 4.3.

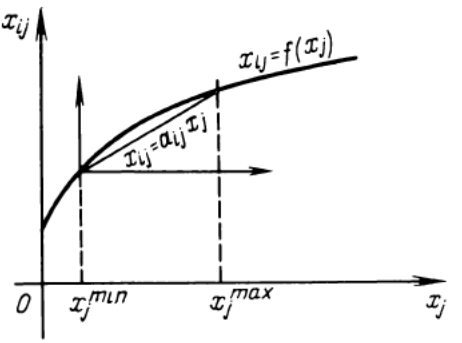

Рис. 4.3.

Если принять линейную однородную зависимость между потоками и соответствующими выпусками, то (4.4), (4.5) и (4.6) с учетом (4.7а) можно переписать в виде:

$$\begin{cases} x_1 - \Sigma_j a_{1j} x_j = y_1; \\ x_2 - \Sigma_j a_{2j} x_j = y_2; \\ x_3 - \Sigma_j a_{3j} x_j = y_3 \end{cases}$$

или в общем виде:

$$x_i = \Sigma_{j=1}^{n} a_{ij} x_j = y_i, \quad (i = 1, 2, \ldots, n), \tag{4.8}$$

где a_{ij} – константы; y_i – заданные величины; x_i – неизвестные.

Система (4.8) содержит n линейных уравнений балансов производства и распределения продукции и n неизвестных объемов производства. Если решение такой системы существует, то оно единственно и определяет такие объемы производства по отраслям x_i, которые обеспечивают сбалансированность ресурсов и потребностей по продукции каждой отрасли.

Итак, совместное рассмотрение отдельных материальных балансов и их объединение в единой системе позволяют построить таблицу натурального межотраслевого баланса (табл. 4.4) и систему его уравнений (в общем виде система (4.8)). Решение[1] системы (4.8) позволяет при заданных объемах конечной продукции по отраслям (y_i) и известных коэффициентах прямых затрат (a_{ij}) определить такие объемы производства (x_i), которые обеспечивают, во-первых, удовлетворение текущих производственных потребностей $(\Sigma_j a_{ij} x_j)$, во-вторых, удовлетворение конечных потребностей на заданном (через y_i) уровне.

Схема и модель межотраслевого баланса производства и распределения продукции в стоимостном выражении. Межотраслевой баланс в стоимостном выражении (стоимостной межотраслевой баланс) обычно называют межотраслевым балансом производства, распределения и использования совокупного общественного продукта. Он может быть синтезирован из так называемых счетов отдельных отраслей. Принципы перехода от счетов отраслей к стоимостному межотраслевому балансу те же, что и рассмотренные выше принципы трансформации частных материальных

[1] Методы решения системы уравнений межотраслевого баланса одни и те же и для натуральной, и для стоимостной его модели. Поэтому они будут рассмотрены ниже – после рассмотрения стоимостного межотраслевого баланса.

балансов в натуральный межотраслевой баланс. Поэтому, не останавливаясь на них специально[1], воспользуемся данными табл. 4.4 для того, чтобы построить числовой пример стоимостного межотраслевого баланса и записать его уравнения.

Ранее мы предполагали, что приведенные в табл. 4.4 значения межотраслевых потоков (x_{ij}), элементов конечного потребления ($П$, $К$, $\Delta З$ и т.д.), объемов производства (x_i) исчислены в натуральных единицах измерения. Чтобы воспользоваться теми же цифрами для построения стоимостного баланса, будем теперь считать, что они даны в стоимостных единицах. В качестве таковых при построении межотраслевых таблиц обычно применяют текущие цены конечного потребления, которые представляют собой средние цены реализации продукции и отличаются от оптовых цен предприятий на величину налога с оборота и расходов по оплате материальных услуг транспорта, связи, торговли, заготовок и материально-технического снабжения, связанных с доведением произведенной продукции до потребителя (транспортные расходы, снабженческо-сбытовая и торговая наценки).

Для конкретности будем считать, что показатели балансов промышленной, сельскохозяйственной и прочей продукции даны в миллиардах рублей текущих цен конечного потребления. Тогда появляется возможность суммировать не только элементы строк табл. 4.4, но и элементы ее столбцов. Воспользовавшись этим, определим, что материальные затраты продукции всех трех отраслей на производство продукции первой отрасли составят 111,8 млрд. руб., второй отрасли – 21,5 млрд. и третьей отрасли – 20,4 млрд. руб. Задавшись величинами амортизации (R_j) основных производственных фондов, функционирующих в первой, второй и третьей отраслях в размере соответственно $R_1 = 4{,}4, R_2 = 1{,}9, R_3 = 2{,}0$, можно рассчитать чистую продукцию каждой отрасли (Q_j) как разность ее валовой продукции и материальных затрат (включая амортизацию) в этой отрасли (в млрд. руб.):

$$Q_1 = 189{,}1 - 111{,}8 - 4{,}4 = 72{,}9;$$

$$Q_2 = 52{,}6 - 21{,}5 - 1{,}9 = 29{,}2;$$

$$Q_3 = 54{,}8 - 20{,}4 - 2{,}0 = 32{,}4.$$

Используя полученные таким путем данные, построим таблицу стоимостного межотраслевого баланса (см. табл. 4.5), в которой укажем вместе с цифровыми величинами условные обозначения[2] соответствующих показателей:

---

[1] Вопросы построения стоимостного межотраслевого баланса исходя из счетов отраслей освещены в монографии В. В. Коссова [7].

[2] Для обозначения показателей стоимостного баланса, которые имеют натуральный аналог в табл. 4.4, воспользуемся теми же буквами, что и в натуральном балансе, но прописными.

Таблица 4.5

(в млрд. руб.)

Отрасли-потребители j / Отрасли-производители i	Промежуточная продукция				Конечная продукция							Валовая продукция (X_i)
	промышленность 1	сельское хозяйство 2	прочее производство 3	итого	$П$	$К$	$\Delta З$	$Р$	$Э$	$И$	Итого (Y_i)	
1. Промышленность	X_{11} 71,2	X_{12} 5,4	X_{13} 19,7	$\Sigma_j X_{1j}$ 96,3	$П_1$ 72,5	$К_1$ 10,4	$\Delta З_1$ 3,5	$Р_1$ 9,6	$Э_1$ 4,6	$И_1$ 7,8	Y_1 92,8	X_1 189,1
2. Сельское хозяйство	X_{21} 21,3	X_{22} 12,5	X_{23} 0,1	$\Sigma_j X_{2j}$ 33,9	$П_2$ 17,7	$К_2$ 0	$\Delta З_2$ 0,7	$Р_2$ 1,0	$Э_2$ 0,7	$И_2$ 1,4	Y_2 18,7	X_2 52,6
3. Прочее производство	X_{31} 19,3	X_{32} 3,6	X_{33} 0,6	$\Sigma_j X_{3j}$ 23,5	$П_3$ 2,1	$К_3$ 17,0	$\Delta З_3$ 1,1	$Р_3$ 11,0	$Э_3$ 0,1	$И_3$ 0	Y_3 31,3	X_3 54,8
Итого (материальные затраты без амортизации)	$\Sigma_j X_{i1}$ 111,8	$\Sigma_j X_{i2}$ 21,5	$\Sigma_j X_{i3}$ 20,4	$\Sigma_i \Sigma_j X_{ij}$ 153,7	$\Sigma_i П_i$ 92,3	$\Sigma_i К_i$ 27,4	$\Sigma_i \Delta З_i$ 5,3	$\Sigma_i Р_i$ 21,6	$\Sigma_i Э_i$ 5,4	$\Sigma_i И_i$ 9,2	$\Sigma_i Y_i$ 142,8	$\Sigma_i X_i$ 296,5
Амортизация (R_j)	R_1 4,4	R_2 1,9	R_3 2.0	$\Sigma_i R_j$ 8,3	–	–	–	–	–	–	–	–
Чистая продукция (Q_j)	Q_1 72,9	Q_2 29,2	Q_3 32,4	$\Sigma_j Q_j$ 134,5	–	–	–	–	–	–	–	–
Условно чистая продукция (Z_j)	Z_1 77,3	Z_2 31,1	Z_3 34,4	$\Sigma_j Z_j$ 142,8								
Вся продукция (X_j)	X_1 189,1	X_2 52,6	X_3 54.8	$\Sigma_j X_j$ 296,5	–	–	–	–	–	–	–	–

X_i (X_j) – валовая продукция i-й (j-й) отрасли; Y_i – конечная продукция i-й отрасли; X_{ij} – затраты продукции i-й отрасли на производство продукции j-й отрасли; R_j – амортизация основных производственных фондов j-й отрасли; Q_j – чистая продукция j-й отрасли; Z_j – условно чистая продукция i-й отрасли ($Z_j = Q_j + R_j$).

Воспользовавшись этими обозначениями с учетом необходимости соблюдения балансовых соотношений в строках и столбцах таблицы 4.5, можно записать уравнения модели стоимостного межотраслевого баланса.

Для строк межотраслевой таблицы имеют место следующие соотношения:

$$\begin{cases} \Sigma_j X_{1j} + Y_1 = X_1 \quad (96{,}3 + 92{,}8 = 189{,}1); \\ \Sigma_j X_{2j} + Y_2 = X_2 \quad (33{,}9 + 18{,}7 = 52{,}6); \\ \Sigma_j X_{3j} + Y_3 = X_3 \quad (23{,}5 + 31{,}3 = 54{,}8), \end{cases} \tag{4.Б}$$

или в общем виде:

$$\Sigma_{j=1}^{n} X_{ij} + Y_i = X_i \quad (i = 1, 2, ..., n); \tag{4.9}$$

аналогично для столбцов:

$$\begin{cases} \Sigma_i X_{i1} + Z_1 = X_1 \quad (111{,}8 + 77{,}3 = 189{,}1); \\ \Sigma_i X_{i2} + Z_2 = X_2 \quad (21{,}5 + 31{,}1 = 52{,}6); \\ \Sigma_i X_{i3} + Z_3 = X_3 \quad (10{,}4 + 34{,}4 = 54{,}8), \end{cases} \tag{4.В}$$

или в общем виде:

$$\Sigma_{i=1}^{n} X_{ij} + Z_j = X_j \quad (j = 1, 2, ..., n). \tag{4.10}$$

По таблице 4.5 легко установить экономический смысл соотношений (4.9) и (4.10): первые характеризуют материально-вещественную, вторые – стоимостную структуру производства. Действительно, шахматная часть баланса, образующая его первый раздел, отражает межотраслевые связи в народном хозяйстве по линии текущего производственного потребления продукции[1]; второй раздел баланса показывает элемент-

[1] Левую верхнюю часть баланса принято называть первым разделом, правую верхнюю его часть – вторым разделом, левую нижнюю часть – третьим разделом и правую нижнюю часть (в таблице 4.5 она не заполнена) – четвертым разделом межотраслевого баланса. Четвертый раздел баланса по ряду причин методического и информационного характера на практике обычно не заполняется, поэтому ниже он не рассматривается.

ную и отраслевые структуры конечного продукта. Поэтому, читая межотраслевой баланс по горизонтали (в пределах его первого и второго разделов), мы можем проанализировать материально-вещественную структуру производства. Третий раздел баланса отражает отраслевую и элементную структуру совокупной условно чистой продукции. Поэтому, рассматривая межотраслевой баланс по вертикали (в пределах первого и третьего разделов), можно проследить образование стоимостной структуры общественного продукта: сумма элементов столбца в пределах первого раздела характеризует стоимость, перенесенную с предметов труда, амортизация – стоимость, перенесенную с орудий труда, чистая продукция – вновь созданную стоимость. Таким образом легко установить соответствие между показателями столбца межотраслевого баланса и элементами стоимостной структуры продукции.

Совместное рассмотрение уравнений строк и столбцов межотраслевого баланса позволяет сформулировать условие сбалансированности материально-вещественной и стоимостной структур общественного производства. Для этого просуммируем почленно уравнения, образующие системы (4.Б) и (4.В):

$$\begin{array}{l} \Sigma_j X_{1j} + Y_1 = X_1 \\ + \\ \Sigma_j X_{2j} + Y_2 = X_2 \\ + \\ \Sigma_i X_{3j} + Y_3 = X_3 \\ \hline \Sigma_i \Sigma_j X_{ij} + \Sigma_i Y_i = \Sigma_i X_i \end{array} \qquad (4.11)$$

$$\begin{array}{l} \Sigma_i X_{i1} + Z_1 = X_1 \\ + \\ \Sigma_i X_{i2} + Z_2 = X_2 \\ + \\ \Sigma_i X_{i3} + Z_3 = X_3 \\ \hline \Sigma_j \Sigma_i X_{ij} + \Sigma_j Z_j = \Sigma_j X_j \end{array} \qquad (4.12)$$

Поскольку созданный общественный продукт равен распределенному, то $\Sigma_i X_j = \Sigma_i X_i$. Если правые части уравнений (4.11) и (4.12) равны, то равны и их левые части:

$$\Sigma_i \Sigma_j X_{ij} + \Sigma_i Y_i = \Sigma_j \Sigma_i X_{ij} + \Sigma_j Z_j. \qquad (4.13)$$

В (4.13) $\Sigma_i \Sigma_j X_{ij} = \Sigma_j \Sigma_i X_{ij}$ по определению: в эти суммы в качестве слагаемых входят все элементы первого раздела (шахматной части) баланса. Следовательно:

$$\Sigma_i Y_i = \Sigma_j Z_j, \qquad (4.14)$$

т.е. конечный продукт должен быть равен национальному доходу, созданному в народном хозяйстве, в сумме с амортизацией ($\Sigma_j Z_j = \Sigma_j Q_j + \Sigma_j R_j$). В нашем условном балансе это условие, естественно, соблюдается: 142,8 = 134,5 + 8,3.

Условие (4.14) не только представляет определенный методический интерес, но и имеет большой практический смысл, так как позволяет осуществить проверку вариантов народнохозяйственного плана на сба-

лансированность предусматриваемых ими материально-вещественных и стоимостных пропорций.

Построение планового стоимостного межотраслевого баланса, так же как и натурального, связано с использованием коэффициентов прямых затрат, которые в терминах стоимостной модели определяются как стоимостная оценка материальных затрат продукции одной отрасли на производство единицы валовой продукции другой отрасли:

$$a_{ij}^{\text{ст}} = X_{ij} / X_j. \qquad (4.15)$$

Между натуральными $(a_{ij}^{\text{н}})$ и стоимостными $(a_{ij}^{\text{ст}})$ коэффициентами прямых затрат существует тесная зависимость. Если P_{ij} – цена i-го продукта, потребляемого в j-й отрасли, P_j – среднереализационная цена j-й продукции, то при условии одинаковости номенклатур стоимостного и натурального баланса имеем[1]

$$a_{ij}^{\text{ст}} = \frac{X_{ij}}{X_j} = \frac{P_{ij} X_{ij}}{P_j X_j} = Y_{ij}^P a_{ij}^{\text{н}},$$

где Y_{ij}^P – индекс отношения цен P_{ij} и P_j.

Используя (4.15), систему балансовых уравнений (4.9) стоимостной модели можно переписать:

$$\Sigma_{j=1}^{n} a_{ij} X_j + Y_i = X_i \quad (i = 1, 2, ..., n). \qquad (4.16)$$

Соответственно (4.10) примет вид

$$\Sigma_{i=1}^{n} a_{ij} X_j + Z_j = X_j \quad (j = 1, 2, ..., n). \qquad (4.17)$$

Полученные соотношения полностью описывают стоимостную модель межотраслевого баланса.

При анализе межотраслевого баланса следует иметь в виду, что в его номенклатуре фигурируют так называемые ч и с т ы е отрасли. Под чистой отраслью понимается производство определенного вида продукции или группы однородных видов продукции. Такое понятие отрасли отличается от того, которое обычно используется в статистике и планировании, когда под отраслью (хозяйственной – как говорят в этом случае) понимают совокупность родственных предприятий, подчиненных, как правило, одному и тому же министерству. Между показателями хозяйственной и чистой отраслей существует легко устанавливаемая взаимосвязь. Так, например, валовая продукция чистой отрасли складывается из профилирующей продукции соответствующей (нередко одноименной) хозяйственной отрасли и той продукции данного вида, которая производится за пределами этой хозяйственной отрасли. В частности, валовая продукция чистой отрасли "Черная металлургия" складывается из профилирующей продукции Минчермета и металлургической продукции предприятий, подчиняющихся другим министерствам (скажем, металла,

[1] В действительности соотношение между $a_{ij}^{\text{н}}$ и $a_{ij}^{\text{ст}}$ более сложное, так как обычно номенклатура стоимостного баланса значительно более агрегированна по сравнению с номенклатурой натурального баланса.

производимого в цехах передельной металлургии машиностроительных и других предприятий). Применение в межотраслевом балансе принципа чистых отраслей затрудняет формирование для него исходной информации и использование результатов расчетов в анализе и планировании. Однако с методической точки зрения эти трудности несложно преодолеть. Отказ же от принципа чистых отраслей и переход к хозяйственным отраслям лишил бы межотраслевой баланс его объективной основы – межотраслевых связей, определяемых технологией общественного производства, так как показатели хозяйственных отраслей существенно зависят от соотношения входящих в них профилирующих и непрофилирующих производств, организационной структуры управления и других подобных факторов. Поэтому в настоящее время практические расчеты по межотраслевым балансам ведутся в разрезе чистых отраслей, а их результаты затем пересчитываются применительно к хозяйственным отраслям.

Решение задачи межотраслевого баланса. Классическая задача, которая решается на основе межотраслевого баланса, заключается в том, чтобы при заданных объеме и структуре конечного продукта и известных коэффициентах прямых затрат определить сбалансированные объемы производства. Для того чтобы найти решение модели межотраслевого баланса в общем виде, перепишем систему уравнений (4.16) в векторно-матричной форме:

$$\mathbf{AX} + \mathbf{Y} = \mathbf{X}, \qquad (4.16а)$$

где

$$\mathrm{A} = \begin{bmatrix} a_{11}\ a_{12} \ldots a_{1n} \\ a_{21}\ a_{22} \ldots a_{2n} \\ \cdots\cdots\cdots\cdots \\ a_{n1}\ a_{n2} \ldots a_{nn} \end{bmatrix} -$$

известная матрица коэффициентов прямых затрат[1];

$$\mathrm{Y} = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ . \\ . \\ Y_n \end{bmatrix} -$$

заданный вектор конечного продукта;

$$\mathrm{X} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ . \\ . \\ X_n \end{bmatrix} -$$

искомый вектор совокупного общественного продукта.

[1] Здесь и далее в обозначении коэффициентов прямых затрат стоимостного баланса опущен надстрочный индекс "ст", т.е. $a_{ij} \equiv a_{ij}^{\text{ст}}$.

Система (4.16) может быть решена методом, при использовании которого в явном виде определяется матрица так называемых коэффициентов полных затрат, которая представляет самостоятельный интерес и имеет важное с экономической точки зрения смысловое содержание.

Из матричной алгебры известно, что (4.16а) имеет единственное решение, если матрица **A** имеет норму, меньшую, чем единица. В качестве нормы матрицы **A** можно рассматривать максимальную из сумм ее элементов по столбцам:

$$\eta^{A} = \max_{j} \left\{ \Sigma_i \, a_{ij} \right\}.$$

Из экономического смысла столбцовых сумм элементов матрицы **A** следует, что любая из них всегда меньше единицы. Действительно, $\Sigma_i \, a_{ij}$ показывает материальные затраты (без амортизации) на производство единицы продукции j-й отрасли. Ясно, что они обязательно меньше единицы (если, конечно, данная отрасль не является планово-убыточной). Поэтому (4.16а) имеет единственное решение, которое может быть получено следующим образом:

$$\begin{gathered} AX + Y = X, \; X - AX = Y, \; (E - A)X = Y; \\ (E - A)^{-1} \, (E - A)X = (E - A)^{-1} \, Y; \\ X = (E - A)^{-1} \, Y, \end{gathered} \tag{4.18}$$

где E – единичная матрица; $(E - A)^{-1}$ – матрица, обратная $(E - A)$.

Проиллюстрируем получение решения межотраслевой модели на примере баланса, представленного в табл. 4.5.

Рассчитаем по данным таблицы коэффициент прямых затрат:

$a_{11} = X_{11}/X_1 = 71{,}2/189{,}1 = 0{,}376$; $a_{12} = X_{12}/X_2 = 5{,}4/52{,}6 = 0{,}103$; $a_{13} = X_{13}/X_3 = 19{,}7/54{,}8 = 0{,}359$; $a_{21} = X_{21}/X_1 = 21{,}3/189{,}1 = 0{,}113$; $a_{22} = X_{22}/X_2 = 12{,}5/52{,}6 = 0{,}238$; $a_{23} = X_{23}/X_3 = 0{,}1/54{,}8 = 0{,}002$; $a_{31} = X_{31}/X_1 = 19{,}3/189{,}1 = 0{,}102$; $a_{32} = X_{32}/X_2 = 3{,}6/52{,}6 = 0{,}068$; $a_{33} = X_{33}/X_3 = 0{,}6/54{,}8 = 0{,}011$.

Будем теперь решать задачу, предполагая, что нам известна матрица коэффициентов прямых затрат:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0{,}376 & 0{,}103 & 0{,}359 \\ 0{,}113 & 0{,}238 & 0{,}002 \\ 0{,}102 & 0{,}068 & 0{,}011 \end{bmatrix},$$

задан вектор конечного продукта

$$Y = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 92{,}8 \\ 18{,}7 \\ 31{,}3 \end{bmatrix}$$

и требуется определить вектор валовых выпусков

$$X = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{bmatrix}$$

при помощи формулы (4.18).

Прежде всего отметим, что норма матрицы A в нашей задаче, как и должно быть, меньше единицы:

$$\Sigma_{i=1}^{3} a_{i1} = 0{,}591;\ \Sigma_{i=1}^{3} a_{i2} = 0{,}409;\ \Sigma_{i=1}^{3} a_{i3} = 0{,}372;\ \eta^{A} = 0{,}591 < 1,$$

поэтому задача имеет единственное решение.

Найдем матрицу $(E - A)$:

$$E - A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0{,}376 & 0{,}103 & 0{,}359 \\ 0{,}113 & 0{,}238 & 0{,}002 \\ 0{,}102 & 0{,}068 & 0{,}011 \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} 0{,}624 & -0{,}103 & -0{,}359 \\ -0{,}113 & 0{,}762 & -0{,}002 \\ -0{,}102 & -0{,}068 & 0{,}989 \end{bmatrix}.$$

Рассчитаем $(E - A)^{-1}$:

$$D_{E-A} = 0{,}624 \cdot 0{,}762 \cdot 0{,}989 - 0{,}103 \cdot 0{,}002 \cdot 0{,}102 - 0{,}113 \cdot 0{,}068 \cdot 0{,}359 - 0{,}102 \cdot 0{,}762 \cdot 0{,}359 - 0{,}113 \cdot 0{,}103 \cdot 0{,}989 - 0{,}068 \cdot 0{,}002 \cdot 0{,}624 = 0{,}470 - 0 - 0{,}003 - 0{,}028 - 0{,}012 - 0 = 0{,}427;$$

$$A_{11} = (-1)^2 \begin{vmatrix} 0{,}762 & -0{,}002 \\ -0{,}068 & 0{,}989 \end{vmatrix} = 0{,}754 - 0 = 0{,}754;$$

$$A_{12} = (-1)^3 \begin{vmatrix} -0{,}113 & -0{,}002 \\ -0{,}102 & 0{,}989 \end{vmatrix} = (-1)(-0{,}112 - 0) = 0{,}112;$$

$$A_{13} = (-1)^4 \begin{vmatrix} -0{,}113 & 0{,}762 \\ -0{,}102 & -0{,}068 \end{vmatrix} = 0{,}008 + 0{,}078 = 0{,}086;$$

$$A_{21} = (-1)^3 \begin{vmatrix} -0{,}103 & -0{,}359 \\ -0{,}068 & 0{,}989 \end{vmatrix} = (-1)(-0{,}102 - 0{,}024) = 0{,}126;$$

$$A_{22} = (-1)^4 \begin{vmatrix} 0{,}624 & -0{,}359 \\ -0{,}102 & 0{,}989 \end{vmatrix} = 0{,}617 - 0{,}037 = 0{,}580;$$

$$A_{23} = (-1)^5 \begin{vmatrix} 0{,}624 & -0{,}103 \\ -0{,}102 & -0{,}068 \end{vmatrix} = (-1)(-0{,}042 - 0{,}010) = 0{,}052;$$

$$A_{31} = (-1)^4 \begin{vmatrix} -0{,}103 & -0{,}359 \\ 0{,}762 & -0{,}002 \end{vmatrix} = 0 + 0{,}274 = 0{,}274;$$

$$A_{32} = (-1)^5 \begin{vmatrix} 0{,}624 & -0{,}359 \\ -0{,}113 & -0{,}002 \end{vmatrix} = (-1)(-0{,}001 - 0{,}040) = 0{,}041;$$

$$A_{33} = (-1)^6 \begin{vmatrix} 0{,}624 & -0{,}103 \\ -0{,}113 & 0{,}762 \end{vmatrix} = 0{,}475 - 0{,}012 = 0{,}463;$$

$$(E - A)^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{0,754}{0,427} & \frac{0,126}{0,427} & \frac{0,274}{0,427} \\ \frac{0,112}{0,427} & \frac{0,580}{0,427} & \frac{0,041}{0,427} \\ \frac{0,086}{0,427} & \frac{0,052}{0,427} & \frac{0,463}{0,427} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,766 & 0,295 & 0,642 \\ 0,262 & 1,358 & 0,096 \\ 0,201 & 0,122 & 1,084 \end{bmatrix}.$$

Определим по формуле (4.18) вектор выпусков:

$$X = (E - A)^{-1}Y = \begin{bmatrix} 1,766 & 0,295 & 0,642 \\ 0,262 & 1,358 & 0,096 \\ 0,201 & 0,122 & 1,084 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 92,8 \\ 18,7 \\ 31,3 \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} 163,9 + 5,5 + 20,1 \\ 24,3 + 25,4 + 3,0 \\ 18,6 + 2,3 + 33,9 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 189,5 \\ 52,7 \\ 54,8 \end{bmatrix}$$

Как видим, полученный вектор X с точностью до знака после запятой равен вектору валовой продукции из табл. 4.5.

По формуле 4.18 решения межотраслевого баланса наглядно видно, что качество расчетов по межотраслевым моделям определяется обоснованностью матрицы коэффициентов прямых затрат A и вектора конечной продукции.

Обоснование плановых коэффициентов прямых затрат – столь же ответственная, сколь и сложная задача. В матрице материалоемкости (как иногда называют матрицу A) в концентрированном виде выражается технология общественного производства, а основным фактором, определяющим будущие значения коэффициентов в этой матрице, является технический прогресс.

Наиболее надежный путь разработки коэффициентов a_{ij} на будущее – прямой их расчет на основе технико-экономического анализа. При этом необходимо учесть ожидаемые структурные сдвиги в составе и качестве производимой продукции, ее обновление и модернизацию; изменения в соотношении технологических способов производства продукции и изменения в структуре использования взаимозаменяемых материалов; планируемые мероприятия по экономии материальных ресурсов (сокращение отходов и потерь, более полное использование первичного сырья и т.д.).

Другой путь заключается в использовании различных экономико-статистических методов для анализа отчетных коэффициентов прямых затрат и прогнозирования их на будущее. При наличии достаточно репрезентативных статистических данных в принципе возможно осуществить пофакторный анализ коэффициентов и определить их будущие значения в зависимости от намечаемой интенсивности наиболее важных факторов. Если имеются достаточно "длинные" динамические ряды коэффициентов a_{ij}, то их ориентировочные значения на будущее можно определять методами экстраполяции.

Учитывая ограниченность статистических данных, на практике не удается обеспечить высокой точности прогноза матрицы материалоемкости экономико-статистическими методами. В то же время метод технико-экономических обоснований связан с проведением весьма дорогостоящих и длительных исследований силами отраслевых проектных и научно-исследовательских институтов с последующим обобщением их результатов в институтах, а затем и отделах Госплана СССР. Поэтому целесообразно путем технико-экономических обоснований определять только основные, наиболее важные коэффициенты матрицы $\mathbf{A}$[1], а расчет остальных осуществлять различными приближенными методами (методами математической статистики, при помощи экспертных оценок и др.).

Обоснование объема и структуры конечного продукта – вектора $\mathbf{Y}$ – осуществляется раздельно по элементам, образующим конечную продукцию, так как эти элементы (личное и общественное потребление, капитальные вложения, экспорт и импорт и т.д.) по своему экономическому содержанию существенно отличаются друг от друга.

В обосновании размеров продукции, направляемой на потребление населения, исходят из анализа достигнутого уровня удовлетворения потребностей и необходимости роста объема потребления в структуре, обеспечивающей достижение рациональных норм потребления продовольственных продуктов и научно обоснованных норм потребления промышленных товаров. При этом могут применяться расчеты по различным моделям рационального потребительского бюджета, моделям доходов и спроса населения с тем, чтобы предусмотреть необходимое соответствие между денежными доходами населения и их материальным покрытием (более подробно об этом см., например, [1, гл. 8; 15, гл. 3]).

Сложные вопросы возникают при расчете объемов продукции, направляемой на капитальные вложения. Для их определения используют данные о проектируемых объемах капитального строительства, нормах расхода машин и оборудования, материальных ресурсов на 1 млн. руб. капитальных вложений и строительно-монтажных работ по отраслям. Однако, поскольку на момент составления межотраслевого баланса плановые объемы отраслевых капитальных вложений еще не известны, то не исключена возможность, что заданные в составе конечного продукта капитальные вложения не обеспечат тот выпуск продукции, который будет получен из решения задачи межотраслевого баланса. Это – принципиальный недостаток статической модели межотраслевого баланса, который обусловливает возможность ее эффективного применения только в расчетах к текущим планам, когда капитальные вложения в

[1] К основным относят те коэффициенты, изменения которых существенно сказываются на определяемых из расчетов межотраслевого баланса темпах и пропорциях экономического развития. Обычно доля таких коэффициентов в общем количестве коэффициентов матрицы A не превышает 10%. Вопросы анализа существенности коэффициентов f_{ij} рассмотрены, например, в [8].

планируемом году в основном определены погодовой разбивкой пятилетнего плана. В перспективном же планировании статическая модель может применяться главным образом в сочетании с динамической моделью, в которой капитальные вложения не задаются автономно, а определяются из решения задачи. Одна из возможных постановок динамической модели рассматривается ниже.

Другие элементы конечной продукции (прирост оборотных фондов, запасов, госрезервов, экспорт, импорт, прочие элементы) обосновываются при помощи известных нормативов (нормы задела в капитальном строительстве, нормативы прироста запасов и др.) или же задаются автономно исходя из расчетов к проектам соответствующих разделов плана.

Следует подчеркнуть, что объем и структура конечного продукта могут задаваться в различных вариантах, с тем чтобы посредством вариантных расчетов межотраслевого баланса оценить народнохозяйственные последствия тех или иных изменений в отдельных элементах конечного потребления и накопить информацию для принятия наилучших плановых решений.

Коэффициенты полных затрат. Формула (4.18) решения модели межотраслевого баланса представляет и самостоятельный интерес, поскольку матрица $(\mathbf{E}-\mathbf{A})^{-1}$ имеет содержательный экономический смысл. Чтобы выяснить его, рассмотрим нашу трехотраслевую систему, предположив, что вся она функционирует только для того, чтобы произвести единицу конечной продукции первой отрасли, т.е. вектор $\mathbf{Y}$ задан как

$$\mathbf{Y}^1 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Решением задачи в этом случае будет

$$\mathbf{X}^1 = (\mathbf{E}-\mathbf{A})^{-1}\,\mathbf{Y}^1$$

или, если обозначить элементы матрицы $(\mathbf{E}-\mathbf{A})^{-1}$ через b_{ij}, т.е.

$$(\mathbf{E}-\mathbf{A})^{-1} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{bmatrix},$$

то его можно записать как

$$\mathbf{X}^1 = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ b_{31} \end{bmatrix}.$$

Для нашего числового примера

$$\mathbf{X}^1 = \begin{bmatrix} 1{,}766 \\ 0{,}262 \\ 0{,}201 \end{bmatrix}$$

Полученный вектор $\mathbf{X}^1$ показывает, сколько нужно произвести продукции соответственно первой (b_{11}), второй (b_{21}) и третьей (b_{31}) отраслей для того, чтобы в конечном счете получить единицу конечной продукции первой отрасли (в условии задачи: $\mathbf{Y}_1 = 1, \mathbf{Y}_2 = 0, \mathbf{Y}_3 = 0$). Для числового примера мы нашли, что, для того чтобы получить один (допустим) миллион рублей конечной продукции первой отрасли, нужно произвести:

1,766 млн. руб. валовой продукции самой первой отрасли (эта величина включает 1 млн. руб. конечной продукции первой отрасли плюс 0,766 млн. руб. ее промежуточной продукции, которая расходуется на нужды текущего производственного потребления в самой первой отрасли, а также на текущее потребление во второй и третьей отраслях);

0,262 млн. руб. продукции второй отрасли (поскольку $\mathbf{Y}_2 = 0$, то вся эта сумма расходуется на текущее производственное потребление в первой, второй и третьей отраслях, обусловленное необходимостью производства 1 млн. руб. конечной продукции первой отрасли);

0,201 млн. руб. продукции третьей отрасли (так как и $\mathbf{Y}_3 = 0$, то и потребность в этой продукции обусловлена необходимостью производства все той же единицы конечной продукции первой отрасли).

Из этих рассуждений видно, что вектор

$$\mathbf{X}^1 = \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ b_{31} \end{bmatrix}$$

содержит величины, характеризующие полную потребность продукции первой, второй и третьей отраслей на производство единицы конечной продукции первой отрасли. Эта потребность включает: по первой отрасли – саму единицу ее конечной продукции и ее промежуточные затраты, вызванные необходимостью производства этой единицы конечной продукции; по второй и третьей отраслям – промежуточные затраты продукции этих отраслей, необходимые для производства единицы конечной продукции первой отрасли. Поэтому величины b_{11}, b_{21}, b_{31} называют коэффициентами полных затрат продукции первой, второй и третьей отраслей на производство единицы продукции первой отрасли.

Аналогично можно показать, что если мы решим нашу задачу для векторов

$$\mathbf{Y}^2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \text{ и } \mathbf{Y}^3 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix},$$

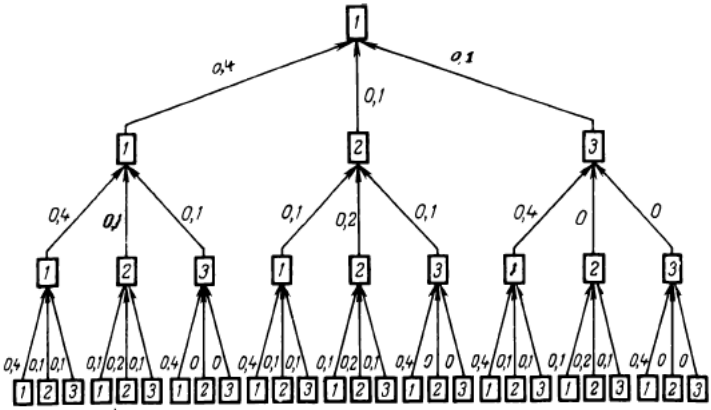

Рис. 4.4.

то получим вектора

$$\mathbf{X}^2 = \begin{bmatrix} b_{12} \\ b_{22} \\ b_{32} \end{bmatrix} \text{ и } \mathbf{X}^3 = \begin{bmatrix} b_{13} \\ b_{23} \\ b_{33} \end{bmatrix},$$

которые содержат коэффициенты полных затрат продукции каждой из трех отраслей на производство единицы продукции соответственно второй и третьей отраслей.

Следовательно, матрица $(\mathbf{E} - \mathbf{A})^{-1} \equiv \mathbf{B}$ – матрица коэффициентов полных затрат b_{ij} (более строгое обоснование этого положения см., например, в [1]).

Существует и другое определение коэффициентов полных затрат, которое еще более наглядно раскрывает их экономический смысл. Рассмотрим схему на рис. 4.4. На схеме показано, что на производство единицы первой продукции расходуется 0,4 единицы самой первой продукции, 0,1 – второй и 0,1 – третьей (для простоты мы округлили полученные ранее коэффициенты a_{i1} нашей трехотраслевой системы до первого знака после запятой). В свою очередь, чтобы создать 0,4 единицы первой продукции, нужно затратить на ее производство продукцию каждой из трех отраслей; чтобы создать 0,1 единицы второй продукции, которая расходуется на производство первой, нужно затратить опять продукцию всех трех отраслей и т.д.

Непосредственные затраты продукции трех отраслей на единицу первой отрасли суть коэффициенты прямых затрат: $a_{11} = 0{,}4$, $a_{21} = 0{,}1$, $a_{31} = 0{,}1$. Они показаны на первом ярусе схемы. Следующие ярусы схемы отражают косвенные затраты. Так, например, продукция второй отрасли расходуется на производство продукции первой отрасли с коэффициентом прямых затрат $a_{21} = 0{,}1$. Но, как видно на схеме, она же расходуется на первый продукт косвенно – через продукцию первой, второй и третьей отраслей:

второй продукт расходуется на первый в размере 0,1 на единицу, а из этой единицы затем 0,4 идет на первый продукт по прямым затратам, следовательно, косвенные затраты второго продукта на первый через первый продукт составят $a_{21} \times a_{11} = 0{,}1 \cdot 0{,}4 = 0{,}04$;

второй продукт идет на второй в размере 0,2 на единицу, а из этой единицы 0,1 затем идет на первый продукт, следовательно, косвенные затраты второго продукта на первый через второй продукт составят $a_{22} \cdot a_{21} = 0{,}2 \cdot 0{,}1 = 0{,}02$;

второй продукт на третий не расходуется ($a_{23} = 0$), а значит, косвенные затраты второго продукта на первый через третий продукт равны нулю ($a_{23} \cdot a_{31} = 0 \times 0{,}1 = 0$). Просуммировав перечисленные косвенные затраты второго продукта на первый, мы получим общую величину косвенных затрат первого порядка второго продукта на первый:

$$a^{1}_{21} = a_{21} \cdot a_{12} + a_{22} \cdot a_{21} + a_{23} \cdot a_{31} = 0{,}1 \cdot 0{,}4 + 0{,}2 \cdot 0{,}1 + 0 \cdot 0{,}1 = 0{,}06.$$

"Спустившись" по схеме еще на ярус ниже, можно рассчитать косвенные затраты второго продукта на первый второго порядка:

$$a^{(2)}_{21} = a_{21} \cdot a_{11} \cdot a_{11} + a_{21} \cdot a_{21} \cdot a_{11} + a_{23} \cdot a_{31} \cdot a_{11} + a_{21} \cdot a_{12} \times a_{21} + a_{22} \cdot a_{21} \cdot a_{22} + a_{23} \cdot a_{32} \cdot a_{21} + a_{21} \cdot a_{13} \cdot a_{31} + a_{22} \cdot a_{23} \times a_{31} + a_{23} \cdot a_{33} \cdot a_{31} = 0{,}1 \cdot 0{,}4 \cdot 0{,}4 + 0{,}2 \cdot 0{,}1 \cdot 0{,}4 + 0 \cdot 0{,}1 \cdot 0{,}4 + 0{,}1 \cdot 0{,}1 \cdot 0{,}1 \cdot 0{,}1 + 0{,}2 \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}1 + 0 \cdot 0{,}1 \cdot 0{,}1 + 0{,}1 \cdot 0{,}4 \cdot 0{,}1 + 0{,}2 \cdot 0 \cdot 0{,}1 + 0 \cdot 0 \cdot 0{,}1 = 0{,}016 + 0{,}008 + 0 + 0{,}001 + 0{,}004 + 0 + 0{,}004 + 0 + 0 = 0{,}033 \approx 0{,}03.$$

Аналогично, продолжив схему вниз, можно рассчитать косвенные затраты третьего, четвертого и более высоких порядков, т.е. $a^{(3)}_{21}, a^{(4)}_{21}, \ldots$ Если теперь мы просуммируем все прямые и косвенные затраты второго продукта на первый, то получим полные затраты второго продукта на первый, обозначаемые через c_{21}. Для нашего примера полные затраты с учетом косвенных затрат первого порядка равны:

$$c^{(1)}_{21} = a_{21} + a^{(1)}_{21} = 0{,}1 + 0{,}06 = 0{,}16;$$

с учетом косвенных затрат второго порядка:

$$c^{(2)}_{21} = a_{21} + a^{(1)}_{21} + a^{(2)}_{21} = 0{,}1 + 0{,}06 + 0{,}03 = 0{,}19$$

и т.д.

Процесс вычисления таким путем коэффициентов полных затрат можно прекратить тогда, когда $c^{(N)}_{21} - c^{(N-1)}_{21} \leqslant \epsilon$, где ϵ – малое число.

Если обозначить матрицу коэффициентов c_{ij} через C, то можно записать

$$\mathbf{C} = \mathbf{A} + \mathbf{A}^2 + \mathbf{A}^3 + \ldots$$

Такой матричный степенной ряд для экономических матриц (так часто называют матрицу коэффициентов прямых затрат) является сходящимся. Нетрудно показать, что соответствующая формула для определения коэффициентов c_{ij} запишется так[1]:

$$c_{ij} = a_{ij} + \Sigma^{n}_{k=1} a_{ik} c_{kj}, \qquad (4.19)$$

т.е. коэффициент полных затрат i-го продукта на j-й продукт есть сумма прямых затрат i-го продукта на j-й продукт плюс сумма всех косвенных затрат i-го продукта на j-й продукт (через все продукты – суммирование во втором слагаемом формулы (4.19) ведется по $k = 1,2,\ldots,n$).

[1] Доказательства приводимых выше положений и формулы (4.19) даны, например, в [1; 14].

По своему экономическому смыслу коэффициенты c_{ij} полностью совпадают с коэффициентами b_{ij}. Они совпадают и численно, если речь идет о полных затратах одного продукта на другой, т.е. $c_{ij} = b_{ij}$, если $i \neq j$. Если же мы рассматриваем коэффициент полных затрат данного продукта самого на себя, то эти коэффициенты численно различаются на единицу, т.е. $c_{ij} = b_{ij} - 1$, если $i = j$. Это нетрудно объяснить, если вспомнить, что коэффициент b_{ii} (b_{11}, b_{22}, b_{33}. ...) кроме полных затрат на производство данной продукции включает еще и единицу конечной продукции. Поэтому в общем виде можно записать:

$$\mathbf{C = B - E}$$

(строгое доказательство см. [1; 14]).

Коэффициенты полных затрат являются удобным инструментом экономического анализа. Отчетные коэффициенты, получаемые по данным отчетных межотраслевых балансов, позволяют анализировать межотраслевые связи в народном хозяйстве не только с учетом "лежащих на поверхности" непосредственных взаимосвязей между отраслями и видами производств, но и с учетом опосредованных, косвенных взаимосвязей с учетом всей "технологической цепочки" производства – от первичных ресурсов до конечной продукции. Использование коэффициентов полных затрат в плановых расчетах дает возможность существенно увеличить вариантность при обосновании плановых проектировок, учитывать в принятии плановых решений не только их очевидные, но и отдаленные последствия. Известно, в частности, что прямые затраты угля на один грузовой автомобиль составляют около 1,5 т, а полные – уже около 10 т. Это и понятно, поскольку кроме относительно небольших затрат угля непосредственно на автозаводах на производство автомобилей в конечном счете идет и тот уголь, который затрачивается на изготовление стального листа, поставляемого на автозавод (цепочка: уголь – кокс – чугун – прокат – автомобиль), и тот уголь, который сжигается на теплоэлектростанциях, снабжающих автозавод электроэнергией (цепочка: уголь – электроэнергия – автомобиль) и т.д. Поэтому, например, если в какой-то сбалансированный вариант проекта плана необходимо внести коррективы, связанные с установлением дополнительного задания по производству автомобилей, то изменения должны быть внесены в материальные балансы не только с учетом прямых, но и возможно более полного круга полных затрат (в ином случае возможен недоучет потребностей: если дополнительное задание составляет 10 тыс. автомобилей, то дополнительная потребность в угле будет не 1,5 т/шт. • 10 тыс. шт. = 15 тыс. т., а 10 т/шт. х х 10 тыс. шт. = 100 тыс. т., т.е. почти в 7 раз больше). Конечно, сделать это существенно проще при помощи коэффициентов полных затрат, чем традиционными методами. При наличии межотраслевого баланса, представляющего в концентрированном виде какой-либо вариант проекта плана, последствия изменений, вносимых в плановые проектировки, легко могут быть оценены при помощи формулы (4.18), которую для данного случая можно записать:

$$\Delta \mathbf{X} = (\mathbf{E} - \mathbf{A})^{-1} \Delta \mathbf{Y},$$

где $\Delta \mathbf{Y}$ – вектор изменений, вносимых в конечную продукцию отраслей; $\Delta \mathbf{X}$ – вектор изменений валовых выпусков в результате изменений в конечной продукции.

Натурально-стоимостной межотраслевой баланс. И натуральный , и стоимостной межотраслевые балансы имеют как недостатки, так и достоинства. Основным преимуществом натурального баланса является то, что он базируется на коэффициентах прямых затрат, близких к технологическим нормам расхода материальных ресурсов. Это дает реальную основу для анализа и обоснования на будущее матрицы коэффициентов прямых затрат натурального баланса, облегчает решение вопросов увязки расчетов по межотраслевому балансу с расчетами традиционно разрабатываемой системы плановых материальных балансов. Негативной же чертой натурального баланса является то, что его номенклатурой невозможно охватить все 100% общественного продукта; кроме того, поскольку нельзя суммировать элементы столбца баланса, то затрудняется и расчет с его помощью стоимостных обобщающих показателей и показателей эффективности общественного производства. В отличие от этого стоимостной баланс позволяет охватить межотраслевыми расчетами все материальное производство и определять такие показатели, как валовая и чистая продукция отраслей, совокупный общественный продукт и национальный доход, а также другие стоимостные показатели, что облегчает установление взаимосвязи между этим балансом и балансом народного хозяйства. Вместе с тем перспективная матрица коэффициентов прямых затрат стоимостного баланса хуже поддается обоснованию, так как ее элементы сильно зависят от колебаний внутриотраслевых пропорций и изменений в соотношении цен на продукцию.

Этим объясняется, почему в середине 60-х гг. Госплан СССР отказался от составления отдельно натурального и стоимостного балансов и перешел к разработке единого натурально-стоимостного баланса, который сейчас является основной моделью планового межотраслевого баланса (см. [10]).

Натурально-стоимостной межотраслевой баланс (далее – НСБ) объединяет в себе преимущества натурального и стоимостного балансов и в значительной мере свободен от недостатков каждого из них в отдельности. Основная идея построения НСБ состоит в том, чтобы основные межотраслевые связи и пропорции в народном хозяйстве отразить при помощи балансов производства и распределения продукции в натуральном выражении, а второстепенные – посредством приближенных показателей в стоимостном выражении.

НСБ строится по схеме статической модели межотраслевого баланса с номенклатурой, соответствующей номенклатуре централизованно утверждаемого государственного плана. Такая номенклатура включает около 260 видов продукции, производство и распределение которой планируется в натуральном выражении, 25 министерств и 18 отраслей, продукция которых учитывается в стоимостном измерении. При построении НСБ стандартная схема статического межотраслевого баланса модифицируется для того, чтобы, во-первых, приблизить входную ин-

формацию НСБ по составу и содержанию к той, которая обычно используется в Госплане СССР при разработке системы плановых балансов; во-вторых, осуществить переход от чистых к хозяйственным отраслям и обеспечить адресность показателей, получаемых на выходе расчетов по НСБ. Схема и модель НСБ разработаны Научно-исследовательским экономическим институтом при Госплане СССР (см. [12]). Ниже рассматривается упрощенный вариант модели НСБ, реализованный в ГВЦ Госплана СССР.

Для записи модели НСБ введем следующие обозначения.

Индексация:

i, j – индексы продуктов, включаемых в номенклатуру НСБ (i, $j = 1,2, ..., 260$); m – индексы министерств ($m = 1,2,..., 25$); l – индексы отраслей ($l = 1,2,..., 18$); M – множество индексов i (j) продуктов, производимых предприятиями m-го министерства; L – множество индексов m министерств, валовая продукция которых относится к валовой продукции l-й отрасли.

Переменные:

x_j – объем производства j-й продукции в целом по народному хозяйству; x_j^m – объем производства j-й продукции на предприятиях m-го министерства; V_m – валовая продукция m-го министерства; W_l – валовая продукция l-й отрасли.

Коэффициенты текущих затрат:

a_{ij} – норма прямых затрат i-й продукции на производство j-й продукции в натуральном выражении; a_{im} – норма прямых затрат i-й продукции на 1 млн. руб. валовой продукции министерства (при помощи этого норматива отражаются затраты i-й продукции на ту часть продукции m-го министерства, которая не входит в номенклатуру государственного плана и остается за пределами продуктовой номенклатуры НСБ); a_{il} – норма прямых затрат i-й продукции на 1 млн. руб. валовой продукции отрасли l (при помощи этого норматива отражаются не учитываемые через a_{ij} затраты i-й продукции на ремонтно-эксплуатационные нужды, а также затраты на ту часть продукции отрасли, которая остается за пределами продуктовой номенклатуры НСБ и не относится ни к одному из включенных в номенклатуру НСБ министерств).

Коэффициенты капитальных и непроизводственных затрат:

a_{iT} – норма затрат i-й продукции на 1 млн. руб. товарооборота (T); $a_{iП}$ – норма затрат i-й продукции на 1 млн. руб. прочих ресурсов фонда потребления ($П$); a_{iK_l} – норма затрат i-й продукции на 1 млн. руб. капитальных вложений в l-ю отрасль (K_l); $a_{iK_н}$ – норма затрат i-й продукции на 1 млн. руб. непроизводственных капитальных вложений ($K_н$); a_{iR} – норма затрат i-й продукции на 1 млн. руб. капитального ремонта (R); $a_{iЗ}$ – норма затрат i-й продукции на 1 млн. руб. прироста оборотных фондов, товарных запасов и госрезервов ($З$); a_{iP} – норма затрат i-й продукции на 1 млн. руб. прочих расходов (P); $a_{iЭ}$ – норма затрат i-й продукции на 1 млн. руб. экспорта ($Э$); $a_{iИ}$ – норма затрат i-й продукции на 1 млн. руб. импорта ($И$).

Коэффициенты распределения:

q_i – доля в общем объеме производства i-й продукции той ее части, которая потребляется на предприятиях, относящихся к министерствам и отраслям, не вошедшим в номенклатуру НСБ (этот коэффициент характеризует удельный вес нерасшифрованного потребления); h_i^m – доля в общем объеме производства j-й продукции той ее части, которая производится на предприятиях, принадлежащих m-му министерству; k_m – доля в валовой продукции министерства той ее части, которая соответствует продукции министерства, не включенной в продуктовые позиции НСБ; d_l – доля в валовой продукции отрасли той ее части, которая соответствует продукции, не охваченной номенклатурой НСБ и не относящейся к валовой продукции, включенной в номенклатуру НСБ министерств.

Кроме того, при записи уравнений и тождеств НСБ через y_i обозначается конечное потребление i-й продукции, через P_{jm} – оптовая цена j-й продукции, производимой m-м министерством.

В указанных обозначениях модель НСБ представляется в следующем виде:

(4.20)

$$(1 - q_i)\, x_i - \sum_{j=1}^{260} a_{ij} x_j - \sum_{m=1}^{25} a_{im} V_m - \sum_{l=1}^{18} a_{il} W_l = y_i ;$$

$$x_j^m - h_j^m x_j = 0; \tag{4.21}$$

$$(1 - k_m) V_m - \sum_{j \in M} P_{jm} x_j^m = 0; \tag{4.22}$$

$$(1 - d_l) W_l - \sum_{m \in l} V_m = 0; \tag{4.23}$$

$$y_i = a_{iT} + a_{iП} + \sum_{l=1}^{18} a_{iK_l} K_l + a_{iK_н} K_н + a_{iR} R + a_{iЗ} З + a_{iP} P + a_{iЭ} Э - a_{iИ} И. \tag{4.24}$$

Здесь (4.20) характеризует производство и распределение i-й продукции по направлениям ее использования на нужды текущего и конечного потребления. (4.21) увязывает объемы производства продукции в целом по народному хозяйству и в рамках данного министерства; (4.22) и (4.23) показывают соответственно структуру валовой продукции министерств и отраслей. Путем элементарных преобразований модель (4.20) – (4.23) сводится к системе из n линейных уравнений с n неизвестными, которая решается на ЭВМ стандартными методами.

Формирование исходной информации для НСБ отличается особой сложностью и трудоемкостью, что обусловлено рядом причин, главные из которых состоят в следующем: наряду с нормами a_{ij}, характеризующими технологический расход продукции, необходимо разработать коэффициенты, обеспечивающие более полную расшифровку производственного потребления продукции и увязку объемов производства в натуральном и стоимостном выражении; по каждой

отрасли в разрезе принятой номенклатуры необходимо показать структуру затрат не только на отдельные виды продукции, но и на общий объем производства в стоимостном выражении для того, чтобы оценить полную потребность отрасли в продукции других отраслей. Наибольший интерес с точки зрения отражения в НСБ влияния технического прогресса представляет матрица коэффициентов a_{ij}. Эти нормативы отличаются от обычно используемых в межотраслевом балансе коэффициентов прямых затрат тем, что они не включают косвенные расходы. Это сделано для того, чтобы в нормативной базе НСБ можно было использовать данные обычно разрабатываемых материальных балансов, в которых, в частности, расходы на ремонтно-эксплуатационные нужды показываются отдельной статьей.

Работа по формированию исходной информации для НСБ распадается на д в а э т а п а, соответствующие во времени стадиям разработки перспективного плана. На п е р в о м этапе подготовка нормативной базы по номенклатуре и методике, сообщенным Госпланом СССР, осуществляется научно-исследовательскими институтами министерств и ведомств. При этом перед институтами ставится задача отразить в разрабатываемых нормативах влияние технического прогресса как на структуру затрат, так и на состав продукции отрасли. Подготовленные нормативы рассматриваются соответствующими министерствами и ведомствами и после их одобрения представляются в Госплан СССР, где проходят экспертизу. На этой основе составляется предварительный вариант НСБ. При его помощи осуществляются расчеты с целью оценки согласованности проектировок, сделанных отраслями, во-первых, с социально-экономическими целями развития страны, во-вторых, между собой по уровням производства с учетом потребности в капитальных вложениях и трудовых ресурсах. Обычно в результате работы над планом первоначально сформированная информация подвергается существенной корректировке. В конечном счете на в т о р о м этапе формируется окончательная версия нормативной базы НСБ с учетом предложений к проекту плана по развитию отдельных отраслей, которые разрабатываются министерствами и ведомствами на основе сообщенных им контрольных цифр.

Значительная часть входной информации НСБ (особенно по элементам непроизводственного потребления и по отраслевой структуре капитальных вложений) получается на основе расчетов по динамической стоимостной модели в укрупненной номенклатуре, которая рассматривается ниже.

Кроме того, что составление НСБ позволяет выполнить ряд важных аналитических и вариантных плановых расчетов, оно имеет еще один не менее важный результат: на машинных носителях накапливается взаимоувязанная и согласованная информация, достаточно полно характеризующая принятый вариант народнохозяйственного плана и хорошо поддающаяся обработке на ЭВМ. Это открывает возможность разработки на основе имеющейся в ЭВМ информации специальных моделей, нацеленных на решение конкретных планово-экономических задач (см., например, [16]).

Динамические модели межотраслевого баланса. Основным носителем экономической динамики являются капитальные вложения, поскольку именно через них осуществляется связь между последовательными циклами расширенного воспроизводства: капитальные вложения, источником которых является общественный продукт данного года, материализуются в основных фондах, которые обеспечивают выпуск продукции в последующие годы. Между тем в статических моделях, к которым относятся рассмотренные выше натуральный, стоимостной и натурально-стоимостной межотраслевые балансы, капитальные вложения выступают в качестве экзогенных переменных. Их значения не определяются из решения задачи, а задаются автономно в составе конечного продукта, хотя в перспективе ряда лет между валовыми выпусками и капитальными вложениями существуют очевидные обратные связи. Этот недостаток статических межотраслевых моделей ограничивает возможности их применения в перспективном планировании и обусловливает определенную противоречивость расчетов по этим моделям на отдельно взятый год, о чем говорилось выше. Для того чтобы получить возможность описывать при помощи межотраслевой модели не отдельно взятую точку на траектории экономического роста, а саму эту траекторию, необходимо ввести капитальные вложения в число основных переменных модели и определить их значения из ее решения так же, как и объемы производства. Модели такого типа получили название *динамических*.

Известны различные виды динамических межотраслевых моделей. Первой была предложенная В.Леонтьевым динамическая модель межотраслевого баланса, которая строилась как система дифференциальных (или конечно-разностных) уравнений [9]. При этом для описания взаимосвязи между объемами производства и капитальными вложениями использовались так называемые *коэффициенты капиталоемкости (приростной фондоемкости)*. Однако практического применения такая модель не получила, так как, во-первых, используемые в ней коэффициенты капиталоемкости очень неустойчивы во времени и плохо поддаются обоснованию на будущее; во-вторых, с математической точки зрения решение этой модели по ряду причин [13, с. 265] пока что затруднительно.

Не меньшие трудности возникают при построении и решении динамических моделей, в явном виде учитывающих *лаг капитальных вложений*. Информационное обеспечение этих моделей включает весьма разнообразные показатели; некоторые из них не используются в практике планирования и отсутствуют в отчетности, а другие также неустойчивы во времени. Все это затрудняет обоснование параметров модели на плановый период. Затруднительно и решение таких моделей, причем если даже удается преодолеть возникающие сложности, то нет гарантии, что решение получится содержательным с экономической точки зрения [13, с. 273 – 284]. Так, например, решение лаговой модели может содержать отрицательные объемы капитальных вложений в отдельные отрасли в некоторые годы планового периода при ярко выраженной скачкообразной динамике объемов производства по отраслям.

Не случайно поэтому в практических плановых расчетах наибольшее распространение получили так называемые полудинамические, а также упрощенные (без явного учета лага капитальных вложений) динамические межотраслевые модели. Основная идея, на которой базируются эти модели, состоит в том, чтобы объединить в одной системе уравнений балансы производства и распределения продукции и балансы основных фондов. При этом в балансах продукции из конечного потребления исключаются ее затраты на капитальные вложения, которые задаются в левой части уравнений как функции от неизвестных объемов отраслевых капитальных вложений. Последние же определяются из балансовых уравнений по основным фондам, в которых потребность в производственных основных фондах в свою очередь задается как функция от отраслевых объемов производства. Рассмотрим, как реализуется эта идея в одной из применяемых на практике моделей.

Для построения балансовых уравнений производства и распределения продукции динамической модели выделим в конечной продукции отрасли затраты на производственные ($КЗ_i$) и непроизводственные ($КЗН_i$) капитальные вложения:

$$Y_i = \bar{Y}_i + КЗ_i + КЗН_i , \qquad (4.25)$$

где Y_i – как и прежде, конечная продукция i-й отрасли; $КЗ_i$ – капитальные затраты продукции i-й отрасли на производственные капитальные вложения; $КЗН_i$ – капитальные затраты продукции i-й отрасли на непроизводственные капитальные вложения; $\bar{Y}_i$ – оставшаяся часть конечной продукции i-й отрасли[1].

Сумма $\bar{Y}_i + КЗН_i \equiv Y_i$ называется чистым конечным продуктом (т.е. конечным продуктом, "очищенным" от затрат на производственные капитальные вложения). Так же как конечный продукт в статической модели, чистый конечный продукт в динамической модели задается автономно до решения задачи. Величина же $КЗ_i$ определяется при помощи коэффициентов технологической структуры капитальных вложений как функция от отраслевых объемов капитальных вложений:

$$КЗ_i = \Sigma_{j=1}^{n} d_{ij} K_j , \qquad (4.26)$$

где d_{ij} – коэффициенты технологической структуры капитальных вложений, показывающие расход продукции i-й отрасли на 1 млн. руб. капитальных вложений в j-ю отрасль; K_j – планируемый (неизвестный до решения задачи) объем капитальных вложений в j-ю отрасль.

---

[1] $\bar{Y}_i$ включает расходы i-й продукции на непроизводственное потребление, прочие нужды, а также экспортно-импортное сальдо и прирост запасов i-й продукции, т.е. если воспользоваться ранее введенными обозначениями, то $\bar{Y}_i \equiv П_i + P_i + (З_i^K - З_i^H) + (Э_i - И_i)$, $КЗ_i + КЗН_i \equiv K_i$.

С учетом сказанного уравнение баланса продукции статической модели примет следующий вид.

$$X_i^t = \Sigma_{j=1}^{n} a_{ij}^t X_j^t + \Sigma_{j=1}^{n} d_{ij}^t K_j^t + \overline{Y}_i^t \quad (i = \overline{1, n};\ t = \overline{1, T}). \quad (4.27)$$

Такое уравнение соблюдается для всех отраслей, включенных в номенклатуру динамической модели (всего отраслей n, поэтому $i = 1,2,..., n$), и для всех лет планового периода (если продолжительность равна T годам, то $t = 1,2, ..., T$ и каждый показатель балансового уравнения (4.27) имеет надстрочный индекс t, означающий его принадлежность к t-му году планового периода).

Так же по годам планового периода для каждой из включенных в номенклатуру модели отраслей строится баланс основных фондов:

$$F_j^t = F_j^{t-1} + B b_j^t - B\delta_j^t , \quad (4.28)$$

где F_j^t и F_j^{t-1} – основные фонды в отрасли j соответственно на конец года $(t-1)$ (т.е. начало года t) и на конец года t; Bb_j^t и $B\delta_j^t$ – соответственно ввод и выбытие основных фондов в j-й отрасли в году t.

Величину фондов на начало года t (F_j^{t-1}) естественно считать известной[1]. Величина фондов на конец года t (F_j^t) определяется как функция от планируемых объемов производства при помощи коэффициентов фондоемкости продукции f_j^t:

$$F_j^t = f_j^t X_j^t . \quad (4.29)$$

Ввод основных фондов отрасли определяется объемом направляемых на нее капитальных вложений за вычетом той их части, которая влияет на прирост незавершенного строительства и рассчитывается при помощи норматива прироста задела Ψ_j^t, а также за вычетом так называемых прочих капитальных вложений, доля которых α_j^t считается известной:

$$Bb_j^t = K_j^t - \Psi_j^t K_j^t - \alpha_j^t K_j^t,$$

или

$$Bb_j^t = (1 - \Psi_j^t - \alpha_j^t) K_j^t. \quad (4.30)$$

[1] Величина фондов на начало первого года планового периода F_j^0 известна по отчетным данным за базисный год или же по данным об ожидаемом выполнении плана за последний предплановый год. Величина фондов на начало второго года определяется из расчетов на первый год и т.д. В общем случае для любого года τ можно записать: $F_j^\tau = F_j^0 + \Sigma_{t=1}^{\tau} Bb_j^t - \Sigma_{t=1}^{\tau} B\delta_j^t$.

И наконец, выбытие основных фондов в отрасли рассчитывается при помощи коэффициентов выбытия ω_j^t по отношению к фондам на начало года:

$$B\delta_j^t = \omega_j^t F_j^{t-1}. \tag{4.31}$$

С учетом (4.29), (4.30) и (4.31) баланс основных фондов (4.28) можно записать в следующем виде:

$$f_j^t X_j^t = F_j^{t-1} + (1 - \Psi_j^t - a_j^t) K_j^t - \omega_j^t F_j^{t-1},$$

или

$$f_j^t X_j^t = (1 - \Psi_j^t - a_j^t) K_j^t + (1 - \omega_j^t) F^{t-1}_j. \tag{4.32}$$

Если теперь уравнения (4.27) и (4.32) переписать, собрав в левой части неизвестные, а в правой известные (задаваемые автономно) величины, и объединить их в одной системе,

$$\begin{cases} X_i^t - \Sigma_j a_{ij}^t X_j^t - \Sigma_j d_{ij}^t K_j^t = \widetilde{Y}_i^t \quad (i = \overline{1, n};\ t = \overline{1, T}); \\ (1 - \Psi_j^t - a_j^t) K_j^t - f_j^t X_j^t = (\omega_j^t - 1) F_j^{t-1} \quad (j = \overline{1, n}), \end{cases}$$

то получится система уравнений динамического межотраслевого баланса. В ней неизвестными для каждого года планового периода являются отраслевые объемы производства (X_j^t) и капитальные вложения (K_j^t). Общее число неизвестных равно $2nT$. Нетрудно подсчитать, что и число уравнений в этой системе равно $2nT$. Таким образом, при заданных величинах чистого конечного продукта $(\widetilde{Y}_i^t)$ и основных фондов на начало периода (F_j^0), а также известных параметрах системы (материалоемкости a_{ij}^t и фондоемкости f_j^t продукции, коэффициентах технологической структуры капитальных вложений d_{ij}^t, нормативах Ψ_j^t, a_j^t, ω_j^t) решение динамической модели сводится к решению системы линейных алгебраических уравнений, в которой число уравнений равно числу неизвестных. В частности, для 18-отраслевой модели и 10-летнего планового периода размерность задачи составит 360х х360.

Формально решение такой задачи не составляет труда. Однако с содержательной точки зрения численное решение такого типа моделей не всегда получается удовлетворительным. Поэтому в практических расчетах используют принципиально такие же, но более сложные динамические модели, учитывающие ряд дополнительных требований (ограничения неотрицательности основных переменных, ограничения на гладкость их динамики, ограничения на численность занятых в материальном производ-

стве и др.). Подробно методические вопросы построения полудинамических и динамических межотраслевых моделей рассмотрены в [4; 13]. Прикладные модификации этих моделей, по которым проводились практические или экспериментальные расчеты в ГВЦ Госплана СССР, НИЭИ при Госплане СССР, ИЭ и ОПП СО АН СССР, приведены в [1; 5; 10; 15; 17].

Динамические модели рассматриваемого типа разрабатываются обычно в стоимостном выражении в разрезе 18 – 25 отраслей народного хозяйства и промышленности. Объясняется это тем, что охарактеризованные выше методы описания расширенного воспроизводства основных фондов и определения потребности в производственных капитальных вложениях опираются на такие параметры, которые имеют смысл и достаточно стабильны во времени только применительно к крупным агрегатам продукции, что как раз и характерно для отраслей народного хозяйства и промышленности. При этом, так же как и в статических межотраслевых балансах, в номенклатуру динамических моделей включаются чистые отрасли, продукция которых рассчитывается в сопоставимых ценах конечного потребления, что не исключает возможности осуществления после решения модели пересчета по известным формулам валовой продукции чистых отраслей (в ценах конечного потребления) в валовую продукцию хозяйственных отраслей (в оптовых ценах предприятий, без налога с оборота) и далее – в валовую (товарную) продукцию соответствующих министерств.

Процесс воспроизводства основных фондов рассматривается в модели также по чистым отраслям, причем учитывается полная балансовая стоимость фондов (без износа). Поскольку величина ввода в действие основных фондов, определяемая из модели, отличается от величины ввода фондов, определяемой в плане капитальных вложений, сопоставимость этих показателей может быть достигнута путем использования специальных коэффициентов, устанавливающих соотношение ввода в действие основных фондов в методологии баланса фондов с соответствующими показателями в методологии плана капитальных вложений.

При формировании исходной информации для динамических моделей наряду с данными, применяемыми и в статической модели, необходимо определить и значения параметров, используемых при описании процесса воспроизводства основных фондов.

Расчет будущих значений коэффициентов фондоемкости f_j^t осуществляется на основе анализа процесса воспроизводства основных фондов с учетом ожидаемых структурных сдвигов и предполагаемой эффективности вновь вводимых фондов. При этом необходимо учитывать возможности улучшения использования действующих и сокращения сроков освоения вновь вводимых мощностей, повышения коэффициентов сменности и интенсивности работы оборудования. В отраслях, где эффективность использования основных фондов существенно различается по отдельным видам продукции, способам производства, районам размещения, целесообразно проводить расчеты по каждой отдельной

группе с последующим определением среднего показателя. Так, например, целесообразно определять фондоемкость отдельно по производству электроэнергии на тепло- и гидростанциях, добыче угля открытым и шахтным способами, а затем уже среднюю фондоемкость соответственно по электроэнергетике и угольной промышленности.

Коэффициенты технологической структуры капитальных вложений d_{ij}^t рассчитываются на основе анализа тенденций изменения видовой структуры основных фондов с учетом задач по обновлению производственного аппарата и соотношения нового строительства, расширения и реконструкции основных фондов в отраслях материального производства и непроизводственной сферы.

Коэффициенты выбытия ω_j^t определяются на плановый период на основе анализа возрастной структуры имеющихся на начало планового периода в отрасли основных фондов с учетом нормативных сроков их службы и ожидаемых внутриотраслевых структурных сдвигов. Нормы прироста задела Ψ_j^t рассчитываются исходя из необходимости сокращения сроков строительства и доведения их до нормативного уровня. Доля прочих капитальных вложений a_j^t устанавливается на основе анализа тенденций ее изменения в базисном периоде.

Обоснование планового объема и структуры чистой конечной продукции $\widetilde{Y}_j^t$ осуществляется отдельно по каждому ее элементу. Величины этих элементов могут либо задаваться в абсолютном выражении на основе проектировок соответствующих разделов плана, либо определяться из решения модели посредством задания коэффициентов, устанавливающих зависимость между основными переменными модели (X_j^t и K_j^t) и элементами конечной продукции. Последний путь приводит к дальнейшему усложнению формальной структуры модели. В частности, если из состава чистой конечной продукции выделить потребление населения и сделать его переменной величиной, то, наложив определенные ограничения на структуру потребления и несколько видоизменив уравнения (4.32), можно превратить балансовую динамическую модель в оптимизационную задачу с целевой функцией максимизации фонда потребления в заданной структуре (см. например, [4]).

Вариантные расчеты по динамическим межотраслевым моделям целесообразно начинать с проверки взаимной увязки исходной информации, характеризующей показатели развития экономики в базисном году. Для этого разрабатывается межотраслевой баланс на базисный (последний предплановый) год планируемого периода, после чего формируются варианты гипотез изменения параметров модели в целях исследования различных альтернатив экономического развития в будущем. Сравнительный анализ результатов вариантных расчетов проводится по уровню национального дохода, фонда потребления, обобщающим показателям эффективности использования производственных ресурсов с учетом ограничений по отдельным видам ресурсов (прежде всего сырьевых, топливных, сельского хозяйства и трудовых).

Основные направления использования межотраслевых моделей в текущем и перспективном планировании в условиях АСПР. В настоящее время в Госплане СССР в качестве базовых приняты две основные модели: укрупненная стоимостная (динамического типа) и развернутая натурально-стоимостная (статического типа) модели. Обе эти модели имеют все необходимое методическое, информационное и математическое обеспечение и приняты в эксплуатацию в составе задач первой очереди АСПР Госплана СССР.

В соответствии с принятой методологией планирования и концепцией АСПР [10; 2] функции этих моделей в процессе работы над перспективными и текущими планами различны и в общем виде могут быть охарактеризованы следующим образом.

На стадии концепции используется в основном укрупненная полудинамическая модель [17] для оценки различных гипотез социально-экономического развития и вариантов технического прогресса с целью обоснования концепции перспективного плана и определения ориентировочных значений важнейших показателей на конец планового периода. В качестве исходной служит главным образом экспертная информация, готовящаяся в научно-исследовательских институтах Госплана СССР и АН СССР.

На стадии основных направлений осуществляются вариантные расчеты по динамической стоимостной модели в целях конкретизации гипотез основных народнохозяйственных и межотраслевых пропорций развития экономики в соответствии с социально-экономической концепцией плана. Полученные в результате этих расчетов данные по темпам роста важнейших отраслей народного хозяйства и промышленности, объему и отраслевой структуре капитальных вложений и трудовых ресурсов служат ориентирами, исходя из которых в балансовых и отраслевых подсистемах АСПР формируются предложения по выпуску важнейших видов продукции, использованию трудовых ресурсов, основных фондов и капитальных вложений, расходам материальных ресурсов на продукцию и затратам оборудования на капитальные вложения с учетом основных направлений технического прогресса и сдвигов в структуре производства под влиянием его дальнейшей концентрации, специализации и кооперирования. Одновременно формируются предложения по необходимому объему рыночных фондов, экспорту и импорту важнейших видов продукции.

После анализа и рассмотрения всех этих предложений в отделах Госплана СССР в подсистеме "Сводный нархозплан" осуществляется разработка натурально-стоимостного баланса. Полученные при этом взаимосбалансированные показатели производства продукции в натуральном выражении, объемы выделяемых капитальных вложений и трудовых ресурсов, предварительные балансы по важнейшим видам промышленной и сельскохозяйственной продукции направляются в отделы Госплана СССР для рассмотрения и устранения разногласий. Параллельно по мере уточнения нормативной и другой исходной информации прово-

дятся дополнительные расчеты натурально-стоимостного баланса и окончательно формируется его вариант к проекту Основных направлений экономического и социального развития СССР.

На стадии составления проекта перспективного плана разработка укрупненной стоимостной и развернутой натурально-стоимостной моделей осуществляется уже на основе уточненных отделами Госплана СССР с учетом проектов планов, представленных министерствами и ведомствами, показателей. В процессе этой работы межотраслевые модели используются для согласования отраслевых проектировок и оценки с народнохозяйственных позиций технической политики в отдельных отраслях. Важнейшим элементом этой работы является также проверка соответствия результирующих показателей плана его целевым установкам. В конечном счете составляются укрупненный и развернутый межотраслевые балансы, характеризующие внутренне согласованную структуру межотраслевых связей в народном хозяйстве, и на их основе осуществляется с использованием аппарата экономико-математического моделирования анализ плановых темпов и пропорций развития экономики.

В краткосрочном планировании используется главным образом развернутый натурально-стоимостной баланс. На стадии основных направлений на основе информации натурально-стоимостного баланса, разработанного на данный год в составе пятилетнего плана, осуществляется корректировка заданий пятилетнего плана на планируемый год с учетом выполнения планов предыдущих лет пятилетки и складывающихся условий [16]. Далее скорректированный натурально-стоимостной баланс используется для проверки согласованности отраслевых проектировок, а также для выполнения вариантных расчетов в целях обеспечения сбалансированности планируемых темпов и пропорций развития народного хозяйства.

Таким образом, о б щ а я с х е м а р а с ч е т о в по межотраслевым моделям представляется следующей. Первоначально осуществляются расчеты по полудинамической модели на завершающий год плановой перспективы, затем при помощи динамической модели рассчитываются основные показатели в разрезе 18 отраслей народного хозяйства и промышленности по годам планового периода. Эти показатели служат исходными для составления натурально-стоимостного баланса для отдельных лет пятилетки. И наконец, на основе этих балансов разрабатываются уточненные межотраслевые балансы к проекту очередного текущего плана.

Особую роль играют межотраслевые модели при разработке пятилетнего плана с использованием центрального комплекса задач АСПР Госплана СССР.

Как отмечалось в разд. 1.2, необходимым условием эффективного использования различных экономико-математических моделей в АСПР является их взаимная увязка, объединение с задачами прямой обработки данных и создание единой системы планово-экономических задач. Естественно, что разработка такой системы задач осуществляется поэтапно. Важным шагом на пути ее создания стало проектирование и внедрение центрального комплекса задач (ЦКЗ) АСПР Госплана СССР.

При построении ЦКЗ АСПР Госплана СССР был использован научно-методический задел, накопленный в ходе разработки различных систем экономико-математических моделей. Как известно, большинство предложенных отдельными институтами и учеными систем моделей, предназначенных для применения в практике народнохозяйственного планирования, в качестве координирующей, сводно-задающей модели используют различные модификации моделей межотраслевого баланса. Не случайно поэтому, что уже на начальной стадии создания АСПР рассматривалась идея комплексирования различных плановых расчетов при помощи межотраслевого баланса. Для ее реализации в ГВЦ Госплана СССР в конце 60-х – начале 70-х гг. разрабатывался проект системы "Синтез", в которой предполагалось обеспечить увязку автоматизированных расчетов объема и структуры потребления населения, показателей плана производства и капитального строительства, потребности в материально-технических ресурсах, балансов продукции, производственных мощностей, трудовых ресурсов посредством натуральной и стоимостной модели межотраслевого баланса. Однако этот проект в силу различных причин, связанных с имевшимся в то время уровнем развития технической базы, методического, информационного и математического обеспечения, нерешенностью ряда организационных вопросов, не был осуществлен. Отдельные предусмотренные им блоки расчетов в последующем разрабатывались в рамках соответствующих функциональных подсистем АСПР. Вместе с тем продолжалась работа над решением проблемы применения межотраслевого баланса для комплексирования планово-экономических задач АСПР. В эскизном проекте АСПР была представлена общая схема взаимодействия экономико-математических моделей в АСПР, отражающая сводно-задающие функции моделей межотраслевого баланса в системе [2, гл. 8]. Среди ряда вариантов интеграции планово-экономических задач во второй очереди АСПР рассматривался и комплекс системных расчетов, сформированный на основе предложений коллектива специалистов НИЭИ при Госплане СССР [2]. Дальнейшая работа над составом, принципами построения и функционирования этого комплекса и привела к созданию ЦКЗ АСПР Госплана СССР [6; 3; 18].

ЦКЗ АСПР Госплана СССР предназначен для многовариантных расчетов основных показателей пятилетнего плана экономического и социального развития страны, решения общеэкономических и межотраслевых проблем сбалансированности и повышения эффективности общественно-

го производства, обоснования плановых темпов и пропорций развития народного хозяйства. В него включаются реализуемые на базе общесистемных и типовых обеспечивающих средств задачи функциональных подсистем АСПР Госплана СССР, выходом которых являются основные показатели соответствующих разделов государственного плана или данные, необходимые для их обоснования. Согласованное решение задач комплекса должно обеспечить взаимную увязку расчетов баланса народного хозяйства, межотраслевых балансов, сводных расчетов плана производства, важнейших материальных балансов, балансов основных фондов, производственных мощностей и капитальных вложений, финансовых и трудовых ресурсов, расчетов основных показателей функциональных разделов плана (уровень жизни, наука и техника, себестоимость и прибыль, внешнеэкономические связи), выполняемых в соответствующих сводных подсистемах, и расчетов потребности в продукции отрасли, плана производства и его обеспечения материальными, трудовыми и финансовыми ресурсами, проводимых в отраслевых подсистемах АСПР. Такая увязка должна осуществляться исходя из общей логики планового процесса, представленной в принципиальной схеме единой системы планов и схемах функционирования АСПР в режиме пятилетнего планирования, которые представлены в [2, гл. 5, 7].

Функционирование ЦКЗ в соответствии с указанными схемами должно обеспечить итеративный процесс согласования конечных общественных потребностей и народнохозяйственных ресурсов с последовательной дезагрегацией (на начальных стадиях разработки плана) и агрегацией (на завершающих стадиях) показателей, определяемых в сводных и отраслевых подсистемах АСПР Госплана СССР.

В наиболее общем виде итеративный процесс функционирования ЦКЗ представлен на схеме (рис. 4.5), в соответствии с которой разработка основных показателей на плановый период в рамках ЦКЗ начинается с решения задач, позволяющих определить на сводном народнохозяйственном уровне исходя из социально-экономических целей планового периода и с учетом тенденций научно-технического прогресса предварительную гипотезу развития народного хозяйства. Ее показатели служат исходными для решения задач, используемых при разработке показателей сводных функциональных, балансовых и отраслевых разделов плана, на основе чего формируются предложения к проекту плана по соответствующим его разделам. Информация этих предложений обрабатывается с использованием следующей группы задач комплекса, в процессе решения которых достигается согласованность показателей различных разделов плана между собой и обеспечивается их соответствие социально-экономическим целям планового периода. Завершается функционирование ЦКЗ формированием с помощью ЭВМ установленных выходных форм плановой документации.

Формально процесс функционирования ЦКЗ – это упорядоченное во времени и по исполнителям взаимосвязанное решение входящих в его состав задач в ходе разработки пятилетнего плана экономического и

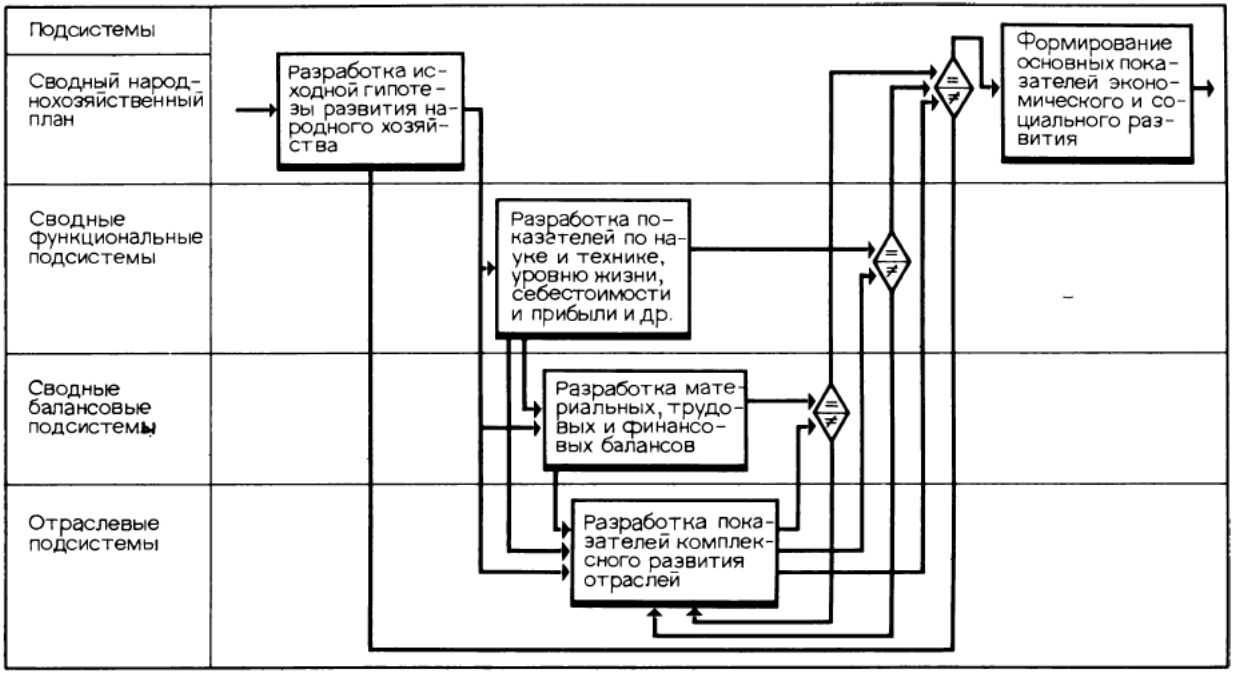

Рис. 4.5. Обобщенная логическая схема центрального комплекса задач АСПР Госплана СССР

социального развития СССР в условиях АСПР. При этом задачи комплекса взаимодействуют не только между собой, но и имеют информационные связи с внешними по отношению к ЦКЗ задачами. Однако если внутри комплекса обеспечиваются прямые и обратные связи между задачами, то связи между задачами комплекса и внешними по отношению к нему задачами носят однонаправленный характер: информация либо только поступает в данную задачу комплекса из внешней задачи, либо только передается из данной задачи комплекса во внешнюю. Таким образом, обладая относительной автономностью, функционирование ЦКЗ является в то же время составной частью единого планового процесса.

Решение отдельной задачи в составе ЦКЗ включает в себя расчеты на ЭВМ и другие процедуры обработки информации, анализ плановым работником их результатов, выполнение при необходимости повторных расчетов и процедур и принятие на этой основе планового решения. Поэтому передача информации от одной задачи к другой в процессе функционирования ЦКЗ должна быть санкционирована плановым работником, ответственным за принятие соответствующего планового решения. Вместе с тем при решении непосредственно взаимосвязанных задач комплекса возможны такие ситуации, когда результаты расчетов, выполняемых в отдельных задачах, должны рассматривать совместно специалисты различных отделов Госплана СССР и принимать по ним согласованное решение. Все это означает, что функционирование ЦКЗ предполагает как автоматизированный обмен информацией между включаемыми в него задачами, так и взаимодействие между плановыми работниками, ответственными за принятие решений на основе результатов решения этих задач.

Очевидно, что практическая реализация процесса функционирования ЦКЗ предполагает достаточно высокий уровень развития его обеспечивающих средств – прежде всего методического обеспечения и комплекса технологических обеспечивающих средств, включая средства информационного, математического и технического обеспечения. Это касается как автономных обеспечивающих средств, входящих в комплекс задач функциональных подсистем, так и обеспечивающих средств, общих для всего ЦКЗ, причем и те, и другие должны базироваться на общесистемных обеспечивающих средствах АСПР.

В своей развитой форме ЦКЗ должен охватывать задачи всех режимов планирования. Однако, учитывая уровень разработки методического обеспечения для различных режимов планирования и исходя из того, что пятилетний план является основным звеном всей системы текущих и перспективных планов, ЦКЗ ориентирован в настоящее время прежде всего на решение задач пятилетнего планирования.

Процесс разработки основных показателей пятилетнего плана в условиях функционирования ЦКЗ отражается на функционально-структурной схеме, представленной на рис. 4.6 4.9. Эта схема построена в соответствии с принципами, изложен-

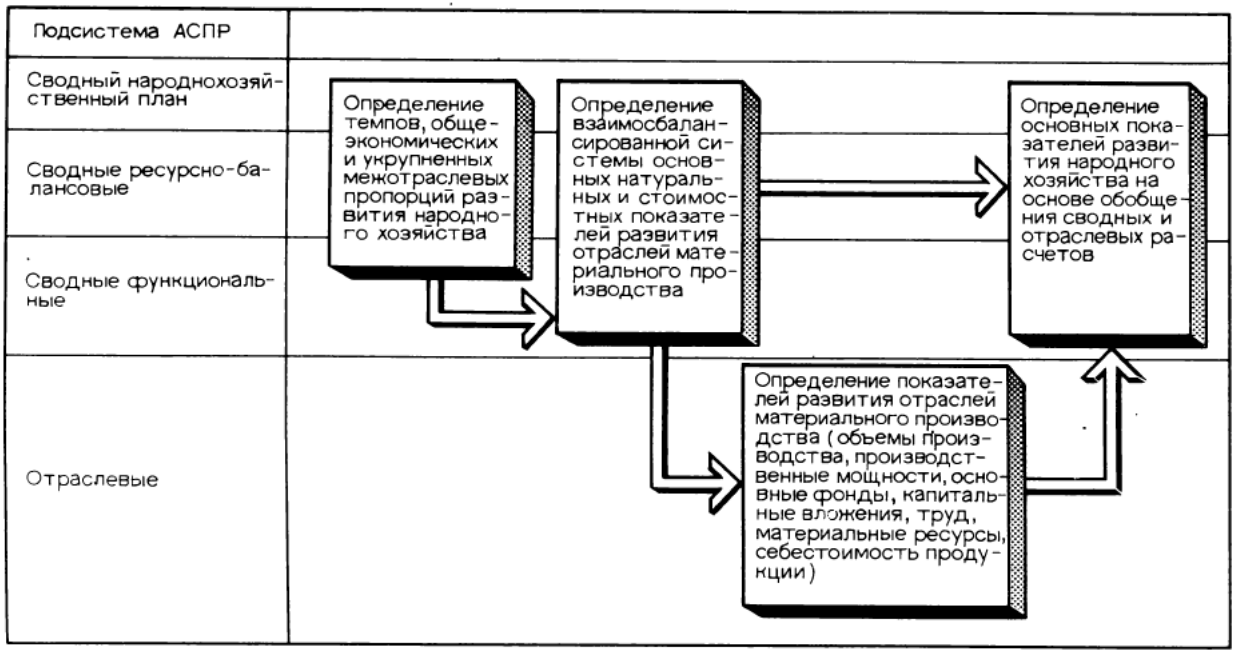

Рис. 4.6. Схема функционирования центрального комплекса задач (общий вид)

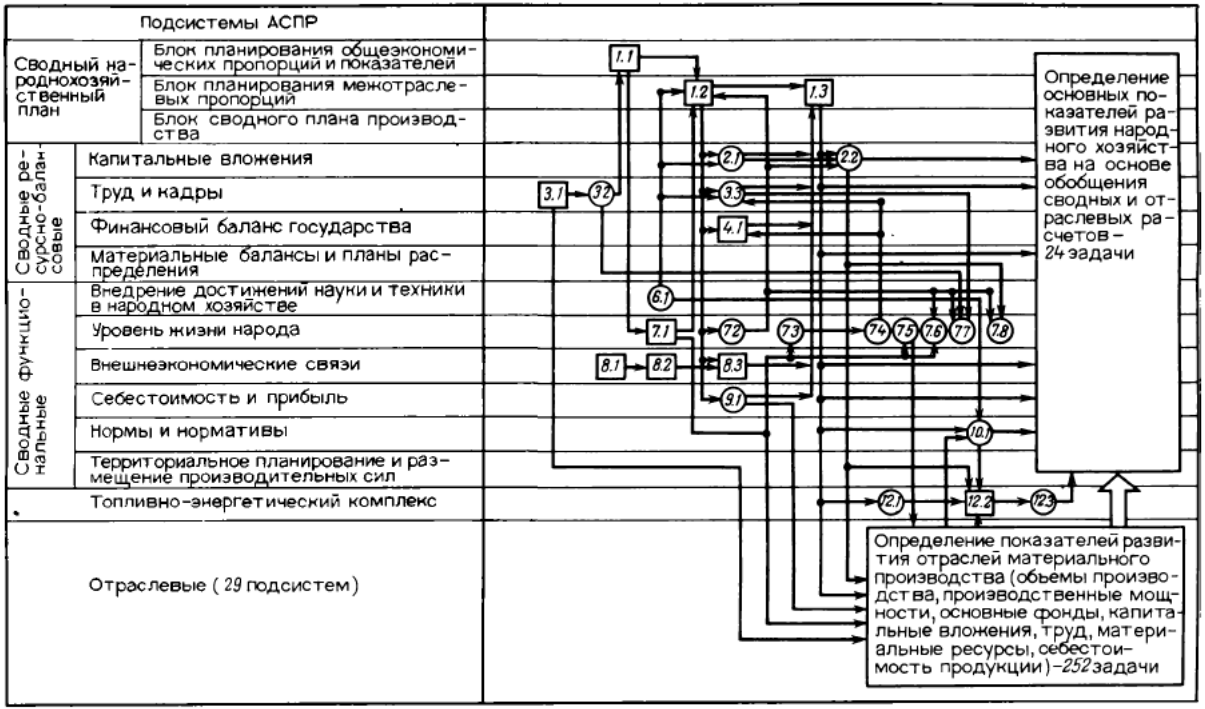

Рис. 4.7. Схема функционирования центрального комплекса задач (фрагмент 1)

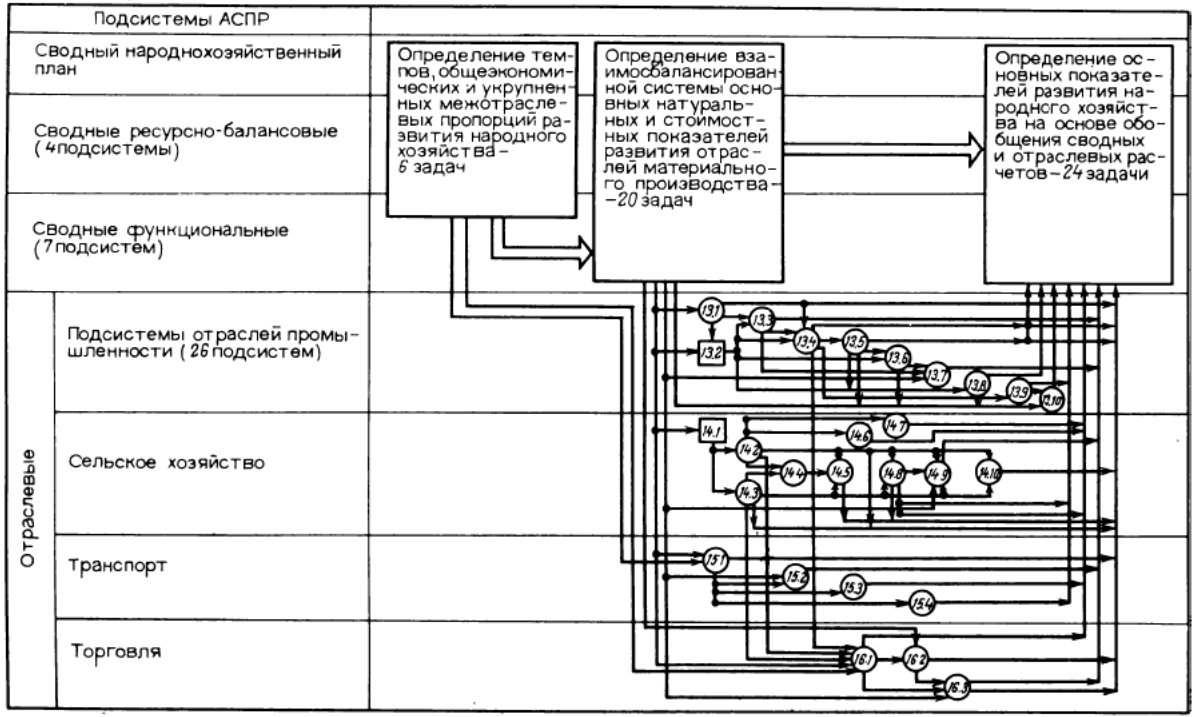

Рис. 4.8. Схема функционирования центрального комплекса задач (фрагмент 2)

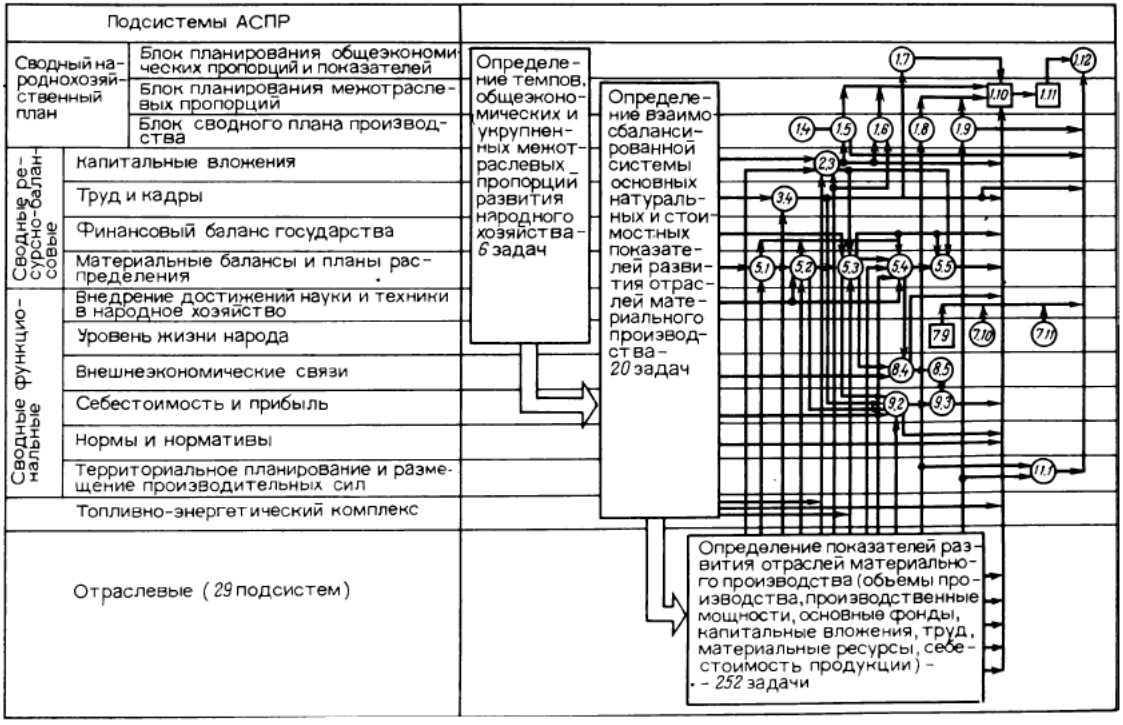

Рис. 4.9. Схема функционирования центрального комплекса задач (фрагмент 3)

ными в [2, гл. 7], но в отличие от проводимых в [2] схем в ней фигурируют не обобщенные плановые функции, а планово-экономические задачи, входящие в состав центрального комплекса и решаемые в соответствующих функциональных подсистемах АСПР Госплана СССР.

На схеме выделены подсистемы АСПР, включая сводные ресурсно-балансовые, сводно-функциональные и отраслевые подсистемы. Для подсистем отраслей промышленности приведен типовой состав задач, по всем другим подсистемам ЦКЗ – конкретные задачи, реализуемые в соответствующей подсистеме. При этом каждая задача обозначена геометрической фигурой (окружностью или квадратом) с двухпозиционным шифром задачи внутри нее, причем первая позиция означает порядковый номер подсистемы, вторая – номер задачи в ней. Окружностями обозначены задачи прямой обработки данных. Квадраты соответствуют задачам, решаемым на основе экономико-математических моделей. На схеме приняты следующие обозначения (в разрезе подсистем).

1. *Сводный народнохозяйственный план*: 1.1 – предварительное обоснование основных показателей баланса народного хозяйства; 1.2 – формирование предварительной гипотезы темпов, общеэкономических и важнейших межотраслевых пропорций развития народного хозяйства; 1.3 – предварительное обоснование основных показателей экономического и социального развития; 1.4 – сводный расчет показателей ввода основных фондов и капитальных вложений по отраслям, министерствам и ведомствам; 1.5 – расчет использования основных фондов; 1.6 – расчет использования производственных мощностей; 1.7 – расчет численности занятых и производительности труда по отраслям промышленности; 1.8 – формирование сводного плана промышленного производства в натуральном выражении; 1.9 – формирование сводного плана промышленного производства в стоимостном выражении; 1.10 – формирование проекта основных показателей экономического и социального развития; 1.11 – расчет темпов, общеэкономических и важнейших межотраслевых пропорций развития народного хозяйства; 1.12 – расчет показателей баланса народного хозяйства.

2. *Капитальные вложения*: 2.1 – расчет показателей эффективности капитальных вложений; 2.2 – расчет потребности в капитальных вложениях по отраслям; 2.3 – формирование сводного плана капитальных вложений.

3. *Труд и кадры:* 3.1 – демографические расчеты; 3.2 – формирование сводного баланса трудовых ресурсов; 3.3 – предварительный расчет показателей плана по труду в разрезе министерств; 3.4 – формирование сводных показателей плана по труду.

4. *Финансовый баланс государства*: 4.1 – предварительный расчет сводного финансового баланса.

5. *Материальные балансы и планы распределения*: 5.1 – формирование объемов материально-технических ресурсов по источникам поступления; 5.2 – определение потребности в важнейших видах материально-технических ресурсов по направлениям использования; 5.3 – формирование балансов оборудования; 5.4 – разработка однопродуктовых материальных балансов; 5.5 – разработка планов распределения и определение объемов поставок.

6. *Внедрение достижений науки и техники в народное хозяйство:* 6.1 – расчет показателей экономического эффекта от проведения научно-технических мероприятий.

7. *Уровень жизни народа:* 7.1 – определение динамики и структуры потребления населения; 7.2 – оценка объема и структуры непроизводственных капитальных вложений; 7.3 – укрупненный расчет динамики реальных доходов населения; 7.4 – укрупненный расчет динамики и структуры номинальных доходов населения; 7.5 – оценка объема и структуры товарооборота государственной и кооперативной торговли; 7.6 – определение объема и структуры платных услуг; 7.7 – укрупненный расчет объема и структуры расходов на содержание сферы бесплатного обслуживания; 7.8 – укрупненный расчет ввода жилой площади и роста обеспеченности населения жильем; 7.9 – расчет баланса денежных доходов и расходов населения; 7.10 – расчет реальных доходов населения; 7.11 – расчет общественных фондов потребления.

8. *Внешнеэкономические связи:* 8.1 – прогнозные расчеты внешнеэкономических связей СССР по странам, группам стран, основным товарам и товарным группам; 8.2 – прогнозные расчеты показателей бюджетной и народнохозяйственной эффективности экспорта и импорта по странам, группам стран, основным товарам и товарным группам; 8.3 – оптимизация товарной структуры экспорта и импорта по странам и группам стран; 8.4 – формирование сводного плана экспорта и импорта; 8.5 – определение показателей для финансового плана государства во внутренних ценах.

9. *Себестоимость и прибыль:* 9.1 – предварительный расчет затрат на 1 руб. продукции по отраслям материального производства и промышленным министерствам; 9.2 – расчет себестоимости продукции по элементам затрат и технико-экономическим факторам; 9.3 – расчет прибыли от промышленной деятельности.

10. *Нормы и нормативы:* 10.1 – формирование норм расхода сырья, материалов, топлива и энергии.

11. *Территориальное планирование и размещение производительных сил:* 11.1 – формирование сводных показателей экономического и социального развития союзных республик.

12. *Топливно-энергетический комплекс:* 12.1 – расчет потребностей народного хозяйства в важнейших видах топлива и нефтепродуктов; 12.2 – оптимизация развития и размещения топливно-энергетического комплекса; 12.3 – расчет сводных и частных балансов топлива и энергии.

13. *Типовой состав задач для отраслей промышленности:* 13.1 – определение потребности народного хозяйства в продукции и услугах отрасли; 13.2 – разработка показателей оптимального развития и размещения отрасли; 13.3 – расчет баланса производственных мощностей; 13.4 – расчет объемов производства продукции в натуральном выражении; 13.5 – расчет объемов производства продукции в стоимостном выражении; 13.6 – расчет использования основных промышленно-производственных фондов; 13.7 – определение потребности в капитальных вложениях, их технологической и воспроизводственной структуры и основных направлений использования; 13.8 – расчет производительности труда, численности работников и фонда заработной платы; 13.9 – расчет потребности в материально-технических ресурсах; 13.10 – расчет себестоимости продукции по технико-экономическим факторам и элементам затрат.

14. *Сельское хозяйство:* 14.1 – разработка показателей оптимального развития, размещения и специализации производства; 14.2 – расчет объемов производства основных продуктов растениеводства; 14.3 – расчет объемов производства основных продуктов животноводства; 14.4 – расчет баланса кормов; 14.5 – расчет балансов сельскохозяйственной продукции; 14.6 – расчет потребности в нефтепродуктах; 14.7 – расчет потребности в минеральных удобрениях; 14.8 – расчет потребности в сельскохозяйственной технике; 14.9 – расчет потребности в капитальных вложениях; 14.10 – расчет валовой продукции сельского хозяйства.

15. *Транспорт:* 15.1 – расчет показателей объема работы транспорта; 15.2 – расчет потребности в основных фондах и капитальных вложениях; 15.3 – расчет потребностей в нефтепродуктах; 15.4 – расчет потребностей в подвижном составе.

16. *Торговля:* 16.1 – разработка балансов по основным видам продовольственных и промышленных товаров; 16.2 – расчет показателей розничного товарооборота и его товарного обеспечения; 16.3 – расчет потребности в основных фондах и капитальных вложениях.

Связи между задачами на схеме показаны стрелками, причем (чтобы не загромождать ее) опущены связи по входам и выходам задач комплекса с внешними по отношению к нему задачами, а также в некоторых случаях не показаны очевидные связи внутри одной и той же подсистемы. Кроме того, на схеме не находят графического выражения итерационные циклы решения задач ЦКЗ (которые обязательно будут возникать в процессе его функционирования), представляющие собой упорядоченное во времени и по исполнителям взаимосвязанное решение входящих в его состав задач в процессе разработки Государственного плана экономического и социального развития СССР с использованием средств АСПР.

Рассматриваемая схема функционирования ЦКЗ в режиме перспективного планирования в полном объеме реализуется на стадии разработки основных направлений (контрольных цифр) пятилетнего плана. При составлении проекта плана схема упрощается, поскольку отпадает необходимость решения задач, обеспечивающих формирование вариантов темпов, общеэкономических и укрупненных межотраслевых пропорций развития народного хозяйства. Здесь источником соответствующих данных служат утвержденные на пятилетку контрольные цифры.

Анализ состава задач и схемы функционирования ЦКЗ, проведенный с привлечением специалистов отделов Госплана СССР и организаций – разработчиков соответствующих функциональных подсистем АСПР, показывает, что экономико-математические модели могут найти наиболее широкое применение при реализации таких задач комплекса, как 1.1 (экономико-статистические и нормативные макромодели экономического роста); 1.2, 1.3, 1.10, 1.11 (межотраслевые модели); 3.1 (модели демографических расчетов); 4.1 (матричные модели оборота финансовых и денежных ресурсов); 7.1, 7.9 (модели рационального потребительского бюджета, дифференцированного баланса доходов и потребления населения); 8.1, 8.2 (экономико-статистические модели прогнозирования показателей внешней торговли), 8.3 (модель оптимизации товарно-географической структуры внешнеэкономических связей); 12.2 (модель оптимального топливно-энергетического баланса); 13.2, 14.1 (модели оптимального развития и размещения производства).

Следует однако отметить, что за исключением некоторых модификаций моделей – укрупненной стоимостной и развернутой натурально-стоимостной, межотраслевой, оптимального развития и размещения производства, демографических расчетов – другие упомянутые выше модели, предложенные к включению в ЦКЗ, нуждаются в серьезной доработке с учетом требований реальной технологии планирования в условиях АСПР, о которых говорилось в разд. 1.4. В целом в составе ЦКЗ на основе экономико-математических моделей решается около 10% включаемых в его состав задач. Такая их доля и соотношение с числом задач прямой обработки данных представляются достаточно рациональными, особенно если учесть, что первые занимают ключевые позиции в реализации функций ЦКЗ. В частности, ведущее положение в структуре комплекса принадлежит задачам, решаемым на основе укрупненной стоимостной и развернутой натурально-стоимостной моделей межотраслевого баланса.

С помощью расчетов укрупненной динамической модели взаимоувязываются масштабы осуществления целей развития народного хозяйства с предвидимым объемом и структурой народнохозяйственных ресурсов, что позволяет определить основные характеристики различных вариантов развития экономики.

На основе расчетов развернутой натурально-стоимостной модели формируются основные межотраслевые и ведущие внутриотраслевые пропорции развития народного хозяйства, обеспечивается общая сбалансированность плана по конечной продукции и ресурсам для ее производства, производству и распределению продукции, объемам производства,

капитальным вложениям, трудовым и материальным ресурсам. С помощью этой модели разрабатывается увязанная с общеэкономическими пропорциями взаимосбалансированная система основных натуральных и стоимостных показателей развития отраслей материального производства и осуществляются расчеты по распределению между ними производственных ресурсов народного хозяйства с учетом конечных потребностей общества, основных тенденций научно-технического прогресса и динамики потребления. Установленные таким образом укрупненные характеристики роста отдельных отраслей выступают в качестве целевых показателей их развития, согласованных и увязанных с народнохозяйственными темпами и пропорциями.

Натурально-стоимостная модель используется также для проверки согласованности и взаимной увязки результатов решения задач сводно-балансовых, сводно-функциональных и отраслевых подсистем, а на заключительном этапе функционирования ЦКЗ она вместе с укрупненной стоимостной моделью применяется для формирования окончательных значений основных показателей развития народного хозяйства в плановой перспективе.

Охарактеризованный выше и представленный на схемах (рис. 4.5 – 4.9) процесс функционирования ЦКЗ отражает определенную технологию разработки основных показателей пятилетнего плана [3].

Важный элемент этой технологии – единая для всего комплекса сводная балансовая номенклатура отраслей и продуктов ЦКЗ. Это означает, что в рамках отдельной задачи какой-либо подсистемы, входящей в ЦКЗ, расчеты могут вестись в разрезе специфической номенклатуры продукции, но результаты расчетов, которыми данная задача обменивается с другими задачами комплекса, должны быть представлены в разрезе общей для всех задач ЦКЗ номенклатуры.

Вторым элементом рассматриваемой технологии служат специальные плановые формы, которые позволяют упорядочить обмен информацией между подсистемами АСПР, участвующими в ЦКЗ. Дело в том, что традиционные плановые формы предназначены для обмена информацией между министерствами и ведомствами и Госпланом СССР в процессе подготовки проектов государственных планов. Указанные же выше специальные формы предназначены для обмена планово-экономической информацией между отделами Госплана СССР. Их разработка в процессе проектирования и внедрения ЦКЗ открыла возможность регламентировать, а затем и автоматизировать взаимодействие подсистем АСПР Госплана СССР, участвующих в формировании основных показателей пятилетнего плана на различных стадиях его подготовки. Естественно, что эти формы по своей структуре и показателям увязаны с традиционными унифицированными формами, на которых поступают в Госплан СССР предложения к проекту плана от министерств и ведомств, Советов Министров союзных республик.

Техническая база технологии функционирования ЦКЗ – комплекс технических средств АСПР, в том числе ЭВМ коллективного пользования ЕС "Ряд", имеющиеся в ГВЦ Госплана СССР, и мини-ЭВМ "Искра-226", установленные в отделах Госплана СССР. В ходе решения задач центрального комплекса результаты расчетов поступают в информационный фонд, функционирующий на базе ЭВМ ЕС "Ряд", и могут использоваться в качестве входной информации при решении соответствующих задач. Если взаимодействующие задачи реализованы на различных ЭВМ, то обмен данными между ними происходит с использованием машинных носителей. В дальнейшем после ввода в действие единой вычислительной сети Госплана СССР обмен информацией будет осуществляться по каналам связи.

Важное место в технологии функционирования ЦКЗ занимают также средства формализованного описания плановых показателей с использованием общесоюзных и общесистемных классификаторов [3].

Практический опыт использования ЦКЗ при подготовке проекта Основных направлений экономического и социального развития СССР на 1986 – 1990 гг. и на период до 2000 г., контрольных цифр и проекта XII пятилетнего плана свидетельствует, что его применение в качестве инструмента совершенствования методологии, методики и организации планирования обеспечивает многовариантность и оперативность плановых расчетов, способствует повышению уровня сбалансированности народнохозяйственного плана, усилению его целенаправленности на достижение высоких конечных результатов, улучшению взаимодействия отделов Госплана СССР в процессе обоснования, согласования и принятия плановых решений. Вместе с тем опыт проектирования и внедрения ЦКЗ позволил существенно уточнить наши представления о направлениях и путях эффективного использования экономико-математических методов и моделей в реальной технологии народнохозяйственного планирования [3; 6; 18].

Литература к главе 4[1]

1. Аганбегян А.Г., Гранберг А.Г. Экономико-математический анализ межотраслевого баланса СССР. М.: Мысль, 1968.
2. Автоматизированная система плановых расчетов/ Под ред. Н.П. Лебединского. М.: Экономика, 1980.
3. Гранберг А.Г. Математические модели социалистической экономики. М.: Экономика, 1978; Динамические модели народного хозяйства. М.: Экономика,

[1] В списке литературы работы, на которые есть ссылки в данной главе, приведены в алфавитном порядке. При самостоятельном изучении вопросов, рассматриваемых в настоящей главе, рекомендуется знакомиться с литературой в такой последовательности: [10], [14], [20], [7], [19] и далее в зависимости от заинтересовавших Вас проблем.

1985; Моделирование социалистической экономики: Учебник для вузов. М.: Экономика, 1988.
4. Использование народнохозяйственных моделей в планировании / Под ред. А.Г. Агенбегяна и К.К. Вальтуха. М.: Экономика, 1975.
5. Кириченко В.Н., Клоцвог Ф.Н., Райзберг Б.А., Мацнев Д.А. Центральный комплекс плановых расчетов – ведущее звено второй очереди АСПР // Плановое хозяйство. 1980. №10.
6. Коссов В.В. Межотраслевой баланс. М.: Экономика, 1966.
7. Коссов В.В. Межотраслевые модели. М.: Экономика, 1973.
8. Леонтьев В. и др. Исследование структуры американской экономики. М.: Госстатиздат, 1958.
9. Методические указания к разработке государственных планов экономического и социального развития СССР. М.: Экономика, 1980.
10. Методы планирования межотраслевых пропорций / Под ред. А.Н. Ефимова и Л.Я. Берри. М.: Экономика, 1965.
11. Методы разработки натурально-стоимостных моделей экономики. М.: НИЭИ при Госплане СССР, 1973.
12. Моделирование народнохозяйственных процессов / Под ред. В.С. Дадаяна. М.: Экономика, 1973.
13. Основы разработки межотраслевого баланса: Учебное пособие / Под ред. А.Г. Аганбегяна. М.: Экономическая литература, 1962.
14. Смехов Б.М., Уринсон Я.М. Методы оптимизации народнохозяйственного плана. М.: Экономика, 1976.
15. Уринсон Я., Долгов В. О задаче корректировки народнохозяйственного плана// Экономика и математические методы. Т. X. Вып. 1. 1974.
16. Уринсон Я. Межотраслевые модели в сводных экономических расчетах // Экономика и математические методы. Т. XI. Вып. 5. 1975.
17. Уринсон Я.М. Совершенствование технологии народнохозяйственного планирования. М.: Экономика, 1986.
18. Фаддеев Д.К. и Фаддеева В.Н. Вычислительные методы линейной алгебры. М.: Физматгиз, 1963.
19. Эйдельман М.Г. Межотраслевой баланс общественного продукта. М.: Статистика, 1966.

Глава 5

ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И МЕТОДЫ

5.1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОПТИМИЗАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ И МЕТОДОВ

Эффективным инструментом подготовки и обоснования плановых решений являются оптимизационные экономико-математические модели и методы, обеспечивающие выбор наилучшего из множества допустимых (возможных) вариантов расчетов без полного перебора вариантов. Каждый из этих вариантов оценивается выбранным критерием оптимальности, который представляет собой важнейший показатель (параметр), характеризующий эффект от реализации принятого решения.

Другие показатели, выражающие задания по конечным результатам или лимитам ресурсов, выделяемым на достижение цели, фиксируются в виде ограничений. Оптимальный (наилучший) вариант соответствует минимальному или максимальному значению показателя – критерия оптимальности при соблюдении заданных ограничений (условий).

Поясним сказанное на условном примере.

Постановка задачи. Необходимо в планируемом периоде (например, пятилетнем) обеспечить производство 300 тыс. однородных новых изделий, которые могут выпускаться четырьмя предприятиями. Для освоения этого нового вида изделий нужны определенные капитальные вложения. Разработанные для каждого предприятия проекты освоения нового изделия характеризуются величинами удельных капитальных вложений и себестоимостью единицы продукции в соответствии с табл. 5.1.

Себестоимость производства и удельные капиталовложения для каждого из четырех предприятий условно приняты постоянными, т.е. потребность в капитальных вложениях и общие издержки будут изменяться пропорционально изменению объемов производства изделий.

Предположим, что на все четыре предприятия для освоения 300 тыс. изделий выделено 18 млн. руб. Необходимо найти такой вариант распределения объемов производства продукции и лимита капитальных вложений по предприятиям, при котором суммарная себестоимость 300 тыс. изделий будет минимальной.

Таблица 5.1

Исходные данные для расчета

Экономические показатели	Предприятия			
	I	II	III	IV
Себестоимость производства изделия, руб.	83	89	95	98
Удельные капиталовложения, руб.	120	80	50	40

Существует множество допустимых вариантов решения задачи, при каждом из которых будут соблюдены заданные ограничения по лимиту капитальных вложений и суммарному объему производства изделий. Например, допустимым является вариант решения, по которому все 300 тыс. изделий производит IV предприятие. При этом достаточно 12 млн. руб. капиталовложений. Однако этот вариант самый неэкономичный по уровню себестоимости. Текущие издержки при этом составляют 29,4 млн. руб. Самая низкая себестоимость на I предприятии. Однако если попытаться максимально "загрузить" I предприятие, где себестоимость минимальна, то будет произведено 150 тыс. изделий (с учетом лимита капитальных вложений). II предприятие также не в состоянии одно обеспечить плановое задание, так как оно может выпустить лишь 225 тыс. изделий (18000000 : 80). Следовательно, распределение 300 тыс. изделий между I и II предприятиями также невозможно из-за жесткости лимита капиталовложений. Попытаемся распределить производство изделий между I и III (оно на третьем месте по уровню себестоимости) предприятиями. Для этого обозначим количество продукции, производимой на I предприятии, через x_1, а на III – через x_3. Из условий расчета следует:

$$\begin{cases} x_1 + x_3 = 300000; \\ 120\,x_1 + 50\,x_3 = 18000000. \end{cases} \qquad (5.1)$$

Отсюда $x_1 = 43$ тыс. изделий, а $x_3 = 257$ тыс. изделий. Суммарная себестоимость при этом составит 27984 тыс. руб. ($83 \cdot 43 + 95 \cdot 257$). Однако у нас нет уверенности в том, что это самый лучший с точки зрения минимизации суммарной себестоимости вариант.

Если взять в расчет I и IV предприятия, то получим систему уравнений:

$$\begin{cases} x_1 + x_4 = 300000; \\ 120\,x_1 + 40\,x_4 = 18000000 \end{cases} \qquad (5.2)$$

с результатом $x_1 = 75$ тыс. ед. и $x_4 = 225$ тыс. ед., для которого суммарные издержки составят 28275 тыс. руб.

Очевидно, что даже в таком условном, ограниченном размерами расчете действовать методом перебора вариантов трудно и нет уверенности, что перебраны и оценены все варианты и полученный вариант оптимален.

Модель расчета в символах.

Введем следующие обозначения: i – номер предприятия ($i = 1, 2, ..., n$; $n = 4$); x_i – объем выпускаемой продукции на i-м предприятии; B – суммарная потребность в изделиях ($B = 300000$ изделий); K – выделенный лимит капитальных вложений ($K = 18000000$ руб.); c_i – себестоимость производства единицы продукции на i-м предприятии ($c_1 = 83$, $c_2 = 89$, $c_3 = 95$, $c_4 = 98$ руб./ изделий); κ_i – удельные капитальные вложения на единицу продукции на i-м предприятии ($\kappa_1 = 120$, $\kappa_2 = 80$, $\kappa_3 = 50$, $\kappa_4 = 40$ руб./изделий). Тогда экономико-математическая модель данного оптимизационного расчета будет следующая.

Минимизировать фукционал

$$F(x) = \Sigma_{i=1}^{n} c_i x_i \to \min \tag{5.3}$$

при условиях:

$$\Sigma_{i=1}^{n} x_i \geqslant B; \tag{5.4}$$

$$\Sigma_{i=1}^{n} \kappa_i x_i \leqslant K; \tag{5.5}$$

$$x_i > 0, \ (i = 1, 2, ... n). \tag{5.6}$$

Оптимальным является результат, который минимизирует себестоимость производства при выполнении названных выше условий. Выражение (5.3), с помощью которого в оптимизационной модели фиксируется цель расчета, носит название целевой функции или функционала.

Построение модели в числах. Минимизировать функционал

$$F(x) = 83 x_1 + 89 x_2 + 95 x_3 + 98 x_4. \tag{5.7}$$

При этом необходимо обеспечить следующие условия:

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \geqslant 300000; \tag{5.8}$$

$$120 x_1 + 80 x_2 + 50 x_3 + 40 x_4 \leqslant 18000000. \tag{5.9}$$

Неравенство (5.8) означает, что суммарное количество изделий, производимых на всех предприятиях, должно быть не менее заданного объема. При этом неравенством (5.9) оговаривается, что суммарные затраты на капитальные вложения должны быть не более чем выделенные 18 млн. руб.

Кроме того, необходимо указать, что искомые переменные не могут быть отрицательными, т.е.

$$x_1 \geqslant 0;\ x_2 \geqslant 0;\ x_3 \geqslant 0;\ x_4 \geqslant 0. \qquad (5.10)$$

В полученной системе в двух неравенствах содержатся четыре неизвестных. Существует громадное множество вариантов при положительных значениях неизвестных, удовлетворяющих обоим этим ограничениям.

Оптимальный результат. Оптимальному результату соответствуют следующие значения: $x_i : x_1 = 0, x_2 = 100000$ изделий, $x_3 = 200000$ изделий, $x_4 = 0$. При таких значениях x_i функционал равен 27900 тыс. руб.

Результату оптимального расчета на минимум себестоимости соответствует результат расчета на максимум видоизмененной задачи, интерпретация которой позволяет осуществить глубокий анализ исследуемого процесса.

Суть такого расчета, двойственного по отношению к расчету на минимум в рассмотренном выше примере, заключается в следующем. Введем двойственную оценку выпускаемой продукции y_2, которая может быть ценой единицы изделия, а также двойственную оценку капитальных вложений y_1, которая может быть представлена как коэффициент эффективности капитальных вложений (величина, обратная сроку их окупаемости). Необходимо максимизировать разность между стоимостью произведенной продукции $(B \cdot y_2)$ и величиной капитальных вложений, соизмеренной во времени с выпуском этого заданного объема продукции $(K \cdot y_1)$. Эта разность соответствует суммарному "выигрышу" от вложенных капитальных вложений на изготовление 300 тыс. изделий:

$$F(y) = B \cdot y_2 - K \cdot y_1. \qquad (5.11)$$

Цена продукции y_2 и коэффициент эффективности y_1 взаимосвязаны. Дело в том, что цена одного изделия, выпускаемого на каждом из предприятий, не может быть больше, чем все произведенные затраты, включающие в себя в данном случае себестоимость c_i и приведенные к текущим издержкам через коэффициент эффективности капитальные вложения $K \cdot y_1$. Иначе говоря,

$$y_2 = c_i + k_i \cdot y_1 \qquad (5.12)$$

или

$$y_2 - k_i \cdot y_1 \leqslant c_i. \qquad (5.13)$$

При этом

$$y_2 \geqslant 0, y_1 \geqslant 0 \qquad (5.14)$$

обладают рядом общих свойств. Одним из них является то, что для оптимальных результатов "прямого" и "двойственного" расчетов величины функционалов равны. Данная модель называется двойственной по отношению к прямой модели.

Многовариантность решения обусловлена тем, что может существовать множество значений y_2 и y_1, соответствующих друг другу в рамках ограничений (5.12) и (5.14). Однако только при одном из вариантов их сочетания будут определены такие цена изделия и коэффициент эффективности, которые обеспечат максимум функции.

Графический метод решения. Математический аспект расчета с помощью модели наиболее нагляден в графическом представлении. В рассматриваемом примере двойственная модель в числах запишется следующим образом.

Максимизировать функционал

$$F(y) = 300000\,y_2 - 18000000\,y_1 \tag{5.15}$$

при условиях:

$$y_2 - 120\,y_1 \leqslant 83; \tag{5.16}$$

$$y_2 - 80\,y_1 \leqslant 89; \tag{5.17}$$

$$y_2 - 50\,y_1 \leqslant 95; \tag{5.18}$$

$$y_2 - 40\,y_1 \leqslant 98; \tag{5.19}$$

$$y_2 \geqslant 0, y_1 \geqslant 0. \tag{5.20}$$

По оси ординат прямоугольной системы координат отмечаются значения переменной y_1, а по оси абсцисс – y_2. Поскольку должно соблюдаться условие неотрицательности переменных, то область допустимых решений ограничивается первым квадрантом, в котором y_1 и y_2 имеют положительные значения. Чтобы построить область допустимых решений для заданной системы ограничений, необходимо неравенства представить в виде уравнений и отметить штриховкой, с какой стороны прямой лежит допустимая область, удовлетворяющая соответствующему неравенству. Область, которая удовлетворяет одновременно всем неравенствам (заштрихована на рис. 5.1) – область допустимых решений, представляющая собой часть геометрической фигуры, ограниченной снизу ломаной линией *АБВГ*. Максимуму функционала соответствует одна из вершин ломаной.

Чтобы найти эту точку, необходимо условно приравнять значение функционала некоторому числу, например 30000000, тогда получим уравнение

$$F(y) = 300000\,y_2 - 18000000\,y_1 = 30000000,$$

которое не пересекается с допустимой областью.

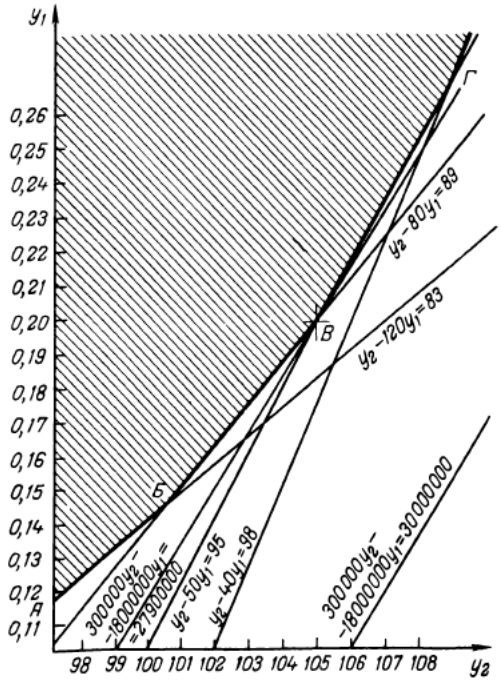

Рис. 5.1. Графическая иллюстрация оптимизационного расчета

Если задавать $F(y)$ различные значения, то получим семейство параллельных прямых. Следовательно, смещая прямую $F(y)$ параллельно самой себе до пересечения с допустимой областью (если движение начинается из недопустимой области), мы найдем точку, в которой $F(y)$ принимает максимальное значение.

На рис. 5.1 такой точкой является точка B с координатами (0,2; 105), что соответствует значению $F_{опт}(y) = 279000000$ руб. при $y_1 = 0{,}2$ руб.; $y_2 = 105$ руб.

В общем случае, когда количество переменных велико (больше трех), графическое решение задачи невозможно, поэтому используются специальные оптимизационные методы.

Оптимизационные методы. Оптимизационные расчеты выполняются с помощью методов математического программирования.

Общей чертой различных методов математического программирования является последовательность сопоставления различных вариантов решения, из которых каждый последующий либо эффективнее предыдущих, либо в большей степени, чем предыдущие, удовлетворяет условиям модели. Приемы составления таких последовательных вариантов

обеспечивают через конечное число шагов (итераций) получение оптимального варианта, т.е. такой системы значений переменных, при которой целевая функция, характеризующая качество результата расчета, достигает наибольшего или наименьшего значения при соблюдении всех остальных требований, вытекающих из условий этой задачи. Варианты решений составляются и сравниваются не в случайном, а в строго определенном порядке и для того, чтобы найти оптимальный результат, оказывается достаточным рассмотреть лишь незначительную часть всех допустимых решений.

Методы математического программирования включают в себя два больших класса – *нединамического программирования*, с помощью которого реализуются одношаговые модели, и *динамического программирования*, которое применяется в случаях, носящих многошаговый характер с выделением в явном или неявном виде фактора времени. Методы, которые позволяют производить расчеты по экономико-математическим моделям, включающие неопределенность, относятся к другому основному классу – *вероятностному*. В одних случаях распределение случайных факторов известно заранее, а в других оно неизвестно или известно лишь частично. Расчеты в первом случае выполняются с помощью методов *стохастического программирования*. В ряде случаев неопределенность возникает в связи с действиями природных факторов или элементов организационной структуры, цели которых не совпадают. Для реализации такого рода моделей применяются методы расчетов с конфликтными ситуациями – *теория игр*.

В составе оптимизационных методов в зависимости от вида представления неизвестных выделяются методы линейного и нелинейного программирования.

Методы *нелинейного программирования* позволяют выполнять расчеты, в которых целевая функция или ограничивающие условия представлены переменными не первой степени. Однако на практике их решение встречает значительные трудности.

Условия расчетов, выполняемых методами *линейного программирования*, характеризуются тем, что ограничения и целевая функция линейны. Методы линейного программирования наиболее разработаны. Линейное программирование включает в себя общие и частные методы. Примером частного метода является метод расчета, связанный с решением так называемой *транспортной задачи*. Не менее актуальны также расчеты, выполняемые с использованием *целочисленного линейного программирования*. С его помощью возможно выполнение таких расчетов, в условия которых необходимо ввести дополнительные ограничения на переменные: все или часть переменных должны быть целыми числами. Такие расчеты применяются для реализации вариантных моделей развития, размещения и специализации отраслей и производств, выбора перечня вновь начинаемых строек и др. Для расчетов большого объема,

выполняемых с использованием методов линейного программирования, применяется блочное программирование, суть которого заключается в разбивке расчета большого объема на ряд расчетов меньшего объема.

В настоящее время для большинства оптимизационных расчетов в процессе планирования используется общий метод линейного программирования, для реализации которого на любой ЭВМ разработаны стандартные средства в виде пакетов прикладных программ линейного программирования. Таким методом является либо симплексный, либо модифицированный симплексный метод ([2]).

Рассмотренные выше расчеты распределения планового задания по выпуску продукции между четырьмя предприятиями могут быть реализованы симплексным методом. Как было показано, при оптимальном варианте суммарные затраты составили 27900 тыс. руб. Это обеспечивается при условии, что на втором предприятии производят 100 тыс. изделий, а на третьем 200 тыс. изделий. При всех остальных вариантах суммарные затраты больше. В соответствии с результатом двойственного расчета при таком распределении объемов производства между предприятиями достигается максимум разности между стоимостью произведенной продукции и величиной капитальных вложений, соизмеренной с ними во времени.

Для того чтобы обеспечить такое соотношение в объемах производимой продукции, следует цену на продукцию назначить равной 105 руб. при коэффициенте эффективности, равном 0,2.

Метод расчета, связанный с реализацией транспортной задачи. Суть метода линейного программирования проиллюстрируем на примере расчетов, связанных с реализацией транспортной задачи.

Пусть имеется несколько пунктов производства сахарной свеклы (областей, районов) и несколько предприятий – ее потребителей. На некоторый планируемый отрезок времени (неделю, декаду, месяц, квартал) предполагаются заданными мощности (объемы производства) производителей сахарной свеклы и потребности в свекле на сахарных заводах. Предполагаются известными затраты на перевозку одной единицы (тонны) свеклы от каждого поставщика до каждого потребителя. Необходимо сделать расчет такого варианта перевозки свеклы от поставщиков к потребителям, чтобы суммарные издержки на перевозку были минимальными.

Очевидно, что имеется большое количество возможных вариантов (планов) прикрепления поставщиков к потребителям. Причем с ростом количества поставщиков и потребителей (масштабов расчета) количество вариантов прикрепления резко возрастает. Каждому варианту прикрепления соответствуют свои издержки.

Среди множества допустимых вариантов существует такой вариант, который обеспечивает минимум издержек, т.е. оптимальный. Если искать его методом простого перебора, то даже небольшой расчет невозможно выполнить в приемлемые сроки. Поэтому в планировании метод

Поставщики и их ресурсы		Потребители и их потребности				
		1	...	j	...	n
		B_1	...	B_j	...	B_n
1	A_1	x_{11} c_{11}	...	x_{1j} c_{1j}	...	x_{1n} c_{1n}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
i	A_i	x_{i1} c_{i1}	...	x_{ij} c_{ij}	...	x_{in} c_{in}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
m	A_m	x_{m1} c_{m1}	...	x_{mj} c_{mj}	...	x_{mn} c_{mn}

Рис. 5.2. Матрица условных обозначений

простого перебора не используется, применяются специальные, более эффективные методы. Для построения экономико-математической модели расчета обозначим количество поставщиков свеклы через m, а количество потребителей – через n.

Для того чтобы в дальнейшем различать поставщиков и потребителей, вводятся условные обозначения (индексы) поставщиков и потребителей. Обычно индекс (номер) поставщика обозначается через $i (i = 1, 2, ..., m)$, а индекс потребителя – через $j (j = 1, 2, ..., n)$. Соответственно искомый объем поставки (в тоннах) от любого поставщика i любому потребителю j обозначается через x_{ij}. Величины x_{ij} образуют матрицу (таблицу) распределения продукции $X = [x_{ij}]$. Аналогично затраты на транспортировку 1 т свеклы от любого поставщика i любому потребителю j обозначаются через c_{ij} и образуют матрицу затрат $C = [c_{ij}]$. Объем производства свеклы у поставщика i обозначается через $A_i (A_i = A_1, A_2, ..., A_m)$, а объемы потребности в свекле на сахарных заводах – через $B_j (B_j = B_1, B_2, ..., B_n)$. Все условные обозначения могут быть сведены в одну общую матрицу условных обозначений (рис. 5.2), использование которой облегчает построение экономико-математической модели. В матрице каждая строка соответствует количеству сырья, направляемого от данного предприятия-поставщика в отдельные пункты потребления, а столбец – количеству сырья, получаемого данным пунктом потребления от отдельных предприятий-поставщиков. Некоторые элементы матрицы распределения, очевидно, могут быть равны нулю. Если, например, $x_{34} = 0$, то это означает, что 3-е предприятие вообще не направляет свою продукцию в 4-й пункт потребления.

Для любого варианта прикрепления суммарные затраты F определяются путем сложения произведений затрат на объемы перевозок по всем клеткам рис. 5.2, т.е.

$$F(X) = \Sigma_{i=1}^{m} \Sigma_{j=1}^{n} c_{ij} x_{ij}. \quad (5.21)$$

Далее, любой план прикрепления должен удовлетворять запланированной потребности каждого сахарного завода. При этом с точки зрения удовлетворения потребности безразлично, за счет каких поставщиков будет удовлетворена потребность, поскольку предполагается однородность продукта во всех пунктах производства. Так, потребность B_j любого сахарного завода j может быть удовлетворена за счет поставок x_{ij} любого из поставщиков или любой их комбинации, т.е.

$$\Sigma_{i=1}^{m} x_{ij} = B_j (j = 1, 2, ..., n). \quad (5.22)$$

С другой стороны, каждый поставщик i может поставить продукции не более, чем у него имеется или запланировано (A_i), т.е.

$$\Sigma_{j=1}^{n} x_{ij} \leqslant A_i (i = 1, 2, ..., m). \quad (5.23)$$

Кроме того, предполагается неотрицательность поставок, т.е. сырье поставляется только в одном направлении:

$$x_{ij} \geqslant 0 \ (i = 1, 2, ..., m; j = 1, 2, ..., n). \quad (5.24)$$

Помимо приведенных ограничений могут быть и другие, дополнительные ограничения, например по отдельным направлениям перевозки:

$$x_{i_0 j_0} \geqslant a_{i_0 j_0}, \quad (5.25)$$

где i_0 и j_0 – номера конкретного поставщика и потребителя.

В сформулированной выше модели расчета оптимальное решение существует при условии, если ресурсы поставщиков в состоянии удовлетворить потребности потребителей, т.е.

$$\Sigma_{i=1}^{m} A_i \geqslant \Sigma_{j=1}^{n} B_j. \quad (5.26)$$

На рис. 5.3 приведен условный пример транспортной задачи для случая трех поставщиков и четырех потребителей. Там же дан один из допустимых вариантов, полученный с помощью метода минимального элемента матрицы транспортных издержек.

Суть метода получения первоначального допустимого плана состоит в том, что на шаге 1 в матрице издержек находится клетка с минимальными издержками (клетка 1.3) и в нее записывается максимально возможная величина поставки $(x_{1,3} = 45)$, равная минимуму из

Поставщики и их ресурсы		Потребители и их потребности			
		1	2	3	4
		75	40	65	40
I	45	3	7	1 45	9
II	75	6 30	4 40	2	4 5
III	100	9 75	10 25	3 65	7 35

Допустимый вариант, найденный методом минимального элемента: $F_1(X) = 1230$ (т км) $= 1 \cdot 45 + 4 \cdot 15 + 2 \cdot 20 + 4 \cdot 40 + 9 \cdot 75 + 10 \cdot 25$

Оптимальный результат: $F_{опт}(X) = 935$ (т км) $= 3 \cdot 45 + 6 \cdot 30 + 4 \cdot 40 + 4 \cdot 5 + 3 \cdot 65 + 7 \cdot 35$

Рис. 5.3. Условный пример расчетов по транспортной задаче

ресурсов поставщика и потребности потребителя. Далее осуществляется корректировка условий расчета с учетом произведенной записи. Так, первый поставщик исчерпал свои ресурсы и в дальнейшем распределении не участвует. У третьего потребителя неудовлетворенная потребность равна 20 т. В результате получаем новые исходные данные, в которых имеются два поставщика (второй и третий) и четыре потребителя.

На втором и последующих шагах процесс заполнения матрицы транспортных связей аналогичен первому шагу, т.е. снова в таблице находится клетка с минимальными издержками с учетом выбытия первой строки (клетка 2.3). В нее записываются максимально возможная величина поставки ($x_{2,3} = 20$) и условия задачи корректируются. При этом третий потребитель получил все выделенные 65 т сырья и из дальнейшего распределения исключается, а у второго поставщика остаток ресурса равен 55 т и т.д. Полученный в результате вариант перевозок дает суммарные издержки 1230 ткм.

Допустимый вариант, близкий к оптимальному, может быть получен методом отклонения от средних. Суть его состоит в следующем [3].

1. Для каждой строки и каждого столбца матрицы издержек подсчитывается сумма издержек (рис. 5.4.)

2. Для каждой строки и каждого столбца матрицы рассчитывается средняя величина, равная частному от деления суммы на количество просуммированных элементов. Среднюю для строк обозначим через a_i, а для столбцов – через β_j.

3. Для каждой клетки (ij) матрицы издержек рассчитывается отклонение фактической величины издержек c_{ij} от суммы средних a_i и β_j.

Поставщики и ресурсы		Потребители и их потребности				Σ	Σ/4	Σ	Σ/4	Σ	Σ/3	Σ	Σ/2
		1	2	3	4								
		75	40	65	40								
I	45	⑧ 3 45	7	1	9	20	5	→	→	→	→	→	→
II	75	6 30	⑦ 4 40	2	4 5	16	4	16	4	12	4	10	5
III	100	9	10	(5,83) 3 65	7 35	29	7,25	29	7,25	19	6,33	16	8
Σ		18	21	6	20								
Σ/3		6	7	2	6,66								
Σ		15	14	5	11								
Σ/2		7,5	7	2,5	5,5								
Σ		15	↓	5	11								
Σ/2		7,5	↓	2,5	5,5								
Σ		15	↓	↓	11								
Σ/2		7,5	↓	↓	5,5								

$F(x) = 935$ тыс. км

Рис. 5.4. Расчет допустимого варианта методом отклонения от средних. $F(x) = 935$ (тыс. км)

Если через a_{ij} обозначить отклонение фактической величины издержек c_{ij} в клетке $(i\,j)$ от суммы средних a_i и β_j, то

$$a_{ij} = \alpha_i + \beta_j - c_{ij}. \tag{5.27}$$

4. Находится клетка (i_0, j_0), для которой отклонение максимально, т.е.

$$a_{i_0 j_0} = \max_{ij} \left\{ a_{ij} \right\}. \tag{5.28}$$

Так, для рис. 5.4 клетка (1.1) содержит максимальное отклонение $a_{11} = 8{,}0$.

5. Производится закрепление поставщика i_0 за потребителем j_0, т.е.

$$x_{i_0 j_0} = \min \left\{ A_{i_0}, B_{j_0} \right\}.$$

Либо строка i_0, либо столбец j_0, соответствующие клетке $(i_0 j_0)$ с максимальным отклонением, вычеркиваются из таблицы. В результате получаем новую задачу, размер которой меньше.

Если несколько клеток матрицы имеют одинаковые значения максимума отклонений, то выбирается любая из них. Можно осуществить закрепление и вычеркивание одновременно нескольких столбцов и строк, если максимумы отклонений не находятся в одной строке или столбце.

6. Если не все строки и столбцы матрицы издержек вычеркнуты, переходим к п.1.

Как видно из схемы расчетов, процесс вычислений циклический. Количество циклов (шагов) не превышает $m + n - 1$.

В нашем примере после первого цикла расчетов (см. рис. 5.4) получим новую матрицу издержек (без первой строки), в которой осуществляем аналогичные вычисления (рис. 5.4).

На шаге 2 клетка (2.2) содержит максимальное отклонение $a_{22} = 7{,}0 = \max_{ij}\{a_{ij}\}$.

Следовательно, $x_{22} = 40$ и из табл. 5.4 вычеркивается второй столбец. В результате на шаге 3 получим новую матрицу без первой строки и второго столбца.

На шаге 3 максимальное отклонение находится в клетке (3,3): $a_{33} = 5{,}83$, поэтому $x_{33} = 65$. В результате вычеркивается третий столбец из исходной матрицы издержек. Получаем новую матрицу с двумя строками и двумя столбцами.

Шаг 4 является последним. При этом $x_{21} = 30$, $x_{24} = 5$, $x_{34} = 35$. Сумма издержек $F(x) = 900$ т км.

Расчет оптимального варианта выполняется с помощью одного из точных методов, например с помощью метода потенциалов [2].

Потенциалами называется система чисел u_i и v_j, присвоенных соответственно каждой строке $i (i = 1, 2, 3, ..., m)$ и каждому столбцу $j (j = 1, 2, 3, ..., n)$. Потенциалы строк и столбцов определяются исходя из следующего правила. Для занятых клеток матрицы издержек справедлива формула

$$v_j - u_i = c_{ij}. \tag{5.29}$$

Поскольку занятых клеток в любом базисном решении на единицу меньше количества потенциалов строк и столбцов, то либо одной из строк, либо одному из столбцов присваивается любой потенциал. Воспроизведем допустимый вариант, полученный с помощью метода отклонений от средних, и построим систему потенциалов строк и столбцов, приняв $u_3 = 0$ (рис. 5.5).

Теперь необходимо оценить полученный базисный вариант, т.е. необходимо проверить, является ли допустимый вариант оптимальным. Это легко сделать с помощью полученной системы потенциалов.

Вариант является оптимальным, если система потенциалов удовлетворяет условию

$$v_j - u_i \leqslant c_{ij}, \tag{5.30}$$

Поставщики и их ресурсы		Потребители и их потребности				u_i
		1	2	3	4	
		75	40	65	40	
I	45	3 [45]	7	1	9	6
II	75	6 [30]	4 [40]	2	4 [5]	3
III	100	9	10	3 [65]	7 [35]	0
v_j		9	7	3	7	

Рис. 5.5. Проверка базисного решения на оптимальность

т.е. для любой клетки матрицы (i, j) разность потенциалов столбца (v_j) и строки (u_i) должна быть меньше или равна величине издержек (c_{ij}) в этой клетке.

Если хотя бы для одной клетки матрицы это условие не выдерживается, то вариант не является оптимальным. Тогда необходимо построить новый, более эффективный вариант, определить для него новую систему потенциалов и снова проверить его на оптимальность. Так процесс продолжается до тех пор, пока не будет найдена система потенциалов, удовлетворяющая условию (5.30), и соответствующий этой системе вариант, обеспечивающий минимум издержек.

Проверка базисного решения (рис. 5.5) показывает, что оно оптимально.

5.2. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

Оптимизационные модели, используемые в планировании, можно разделить на три группы: межотраслевые модели перспективного планирования, модели территориального народнохозяйственного планирования, локальные модели отраслевых и территориальных производственных комплексов [6].

Модели первой группы используются для определения наилучшей стратегии развития комплексов взаимосвязанных отраслей и сфер экономики. Примером такой модели может служить модель планирования межотраслевых пропорций. Она состоит из двух частей: статической модели межотраслевого баланса общественного продукта и макроэкономической динамической модели, учитывающей зависи-

мости между долей производственного накопления, эффективностью накопления и темпом роста национального дохода. В процессе расчетов по этой модели производится итеративное согласование результатов, полученных при реализации статической и динамической моделей. Другим примером модели этой группы может служить модель, в которой расчеты на перспективу ведутся шагами от года к году. По ней осуществлялись вариантные расчеты в рамках основных направлений развития экономики СССР на долгосрочную перспективу. Третим видом оптимизационной модели межотраслевых расчетов является динамическая модель, в которой рассчитывается оптимальный вариант развития народного хозяйства в последнем году планового периода. В этой модели условия перехода от базисного к конечному состоянию экономики фиксируются в виде закона роста капиталовложений в течение планового периода.

Применение оптимизационных моделей первой группы наиболее целесообразно на стадии разработки концепций и основных направлений развития экономики на долгосрочную перспективу.

Оптимизационные модели второй группы (территориального планирования) включают в себя балансы производства и распределения продукции всех отраслей народного хозяйства по районам (в балансах учитываются возможности межрайонного обмена), условия распределения и использования различных ресурсов (капиталовложений, рабочей силы, производственных мощностей, природных ресурсов), условия потребления в различных районах. С помощью целевой функции определяется вариант, в наибольшей степени отвечающий представлениям о задаваемом оптимуме.

Территориальные модели могут служить не только как инструмент расчетов. Они используются и для теоретических исследований закономерностей и тенденций размещения производительных сил. Так, межотраслевая межрайонная модель может служить инструментом анализа эффективности использования имеющихся ресурсов региона. С ее помощью может быть получена оптимальная региональная оценка продукции и ресурсов.

Оптимизационное моделирование в региональном аспекте развивается в двух направлениях: по сочетанию в модели условий производства и транспортировки (межрайонные поставки, специализация районов); по способу учета динамики развития экономических районов (расчет основных показателей с учетом ограничений по капиталовложениям).

К настоящему времени накоплен довольно значительный опыт применения оптимизационных моделей территориального планирования. Выполнена серия прогнозных расчетов.

Наиболее обоснованно применение этой группы моделей при разработке схем развития союзных республик и экономических районов, которые используются в качестве научного обоснования основных направлений развития экономики.

Модели третьей группы (локальные, отраслевые и территориальные оптимизационные модели) позволяют более детально, чем модели первой и второй групп, учитывать в расчетах динамику влияния многих природных, организационно-технических и социально-экономических факторов на отдельные объекты планирования. С их помощью можно производить выбор одного из взаимоисключающих вариантов развития каждого объекта планирования на перспективу (например, когда нужно сделать выбор: для действующих предприятий между реконструкцией, расширением, закрытием; для новостроек – между конкурирующими вариантами строительства).

В качестве объектов моделирования могут также выступать группы предприятий, строек и т.д., объединенные в межотраслевые программные комплексы (агропромышленный, транспортный, строительный, топливно-энергетический, химико-лесной и др.), расположенные в экономических зонах страны, отдельных экономических районах, а также территориально-производственные комплексы.

Системный подход к моделированию того или иного объекта заключается в представлении этого объекта как комплекса динамически связанных элементов. Каждый элемент (отрасль, подотрасль, территориальный комплекс, объединение (предприятие) и т.п.) является составной частью всей экономической системы и в то же время представляет собой относительно обособленную подсистему. Целесообразно рассматривать любой объект как многоступенчатую систему, которая характеризуется множеством управляемых параметров и отличается исключительной сложностью. Это дает возможность последовательно решать взаимосвязанные задачи на оптимум на различных уровнях принятия решений. Многоступенчатое расчленение модели управления позволяет последовательно укрупнять и отсеивать ненужную информацию и на каждом уровне иметь дело лишь с информацией, которая необходима для осуществления функций, свойственных данному уровню.

Для обоснования плановых решений наиболее целесообразны расчеты на основе моделей многоуровневой оптимизации и других моделей математического программирования (развития и размещения отраслей и производств, моделей комплексной разработки показателей сопряженных разделов плана, например производства и науки и техники и т.д.).

Локальные отраслевые и территориальные оптимизационные модели представляют собой наиболее разработанный и апробированный инструмент планово-экономических расчетов. Естественно, что на современном этапе, когда расчеты по оптимальным моделям народнохозяйственного уровня еще не вписаны в технологию планирования, многие данные не всегда связуются с результатами расчетов по оптимальным моделям нижестоящего уровня, которые формируются на основе балансовых и нормативных расчетов. Это в известной степени снижает эффект от использования оптимизационных моделей. Опыт практических расчетов по отраслям промышленности показывает, что оптимальный вариант по сумме приведенных затрат в среднем на 10–20 % дешевле, чем фактически применяемый.

В настоящее время наиболее распространенной является следующая постановка задачи оптимального развития и размещения производства. При фиксированной потребности в конечной продукции отрасли, заданной транспортной сети и мощности сырьевых баз следует определить наилучший план специализации, концентрации и размещения предприятий отрасли (действующих, расширяемых и реконструируемых, строящихся, а также предлагаемых к строительству), который обеспечит удовлетворение потребности в продукции за счет имеющихся в распоряжении ресурсов с минимумом приведенных эксплуатационных и капитальных затрат.

Для решения технико-экономических проблем подобного рода выполняются расчеты по методу сравнения вариантов. В ходе формирования исходных для этого расчета данных для каждого пункта производства (существующего или потенциального) разрабатываются варианты концентрации и специализации производства с соответствующими технико-экономическими показателями затрат и выпуска продукции. Затем эти варианты (или их сочетание) сравниваются по тому или иному заданному критерию. Основная трудность, возникающая при этом, – сопоставимость показателей затрат для разных вариантов. Обычно подчеркивается, что первое правило соизмерения эффективности проектных вариантов можно назвать правилом тождества эффекта. Затраты можно сравнивать лишь в том случае, если они обеспечивают равные конечные результаты. Для сопоставления вариантов или сочетаний вариантов необходимо обеспечить их тождество по объему, составу, месту, времени, потребности и тождеству целей.

Традиционная схема плановых расчетов предлагает следовать по пути непосредственного приведения сочетаний вариантов к тождественному эффекту путем расширения сравниваемых совокупностей до тех пор, пока их эффект не будет близок к тождественному. При этом высказывается предостережение, что, расширяя совокупность, надо ограничить круг исходных данных, специально идя на некоторую неполноту расчета во избежание его чрезмерного усложнения.

Доводя метод приведения сравниваемых вариантов к тождественному эффекту до логического конца, приходим к тому, что даже в задачах небольшого размера число таких вариантов исчисляется миллионами. Это служит доказательством того, как решение методологически правильно поставленной задачи не может быть обеспечено несовершенным аппаратом обработки данных.

Качественно новый подход к сравнению вариантов оптимального развития представляет собой построение экономико-математических моделей, в которых непосредственное сравнение вариантов и их сочетаний заменяется количественным построением области, в которой эти варианты или их сочетания допустимы. Возможные варианты развития предприятий и все их сочетания задаются, таким образом, в неявной форме, их эффект тождествен, поскольку любой допустимый

вариант обеспечивает удовлетворение одной и той же потребности заданного объема и состава, конкретизированной по месту и времени, что зафиксировано системой ограничений. В настоящее время определилась тенденция к созданию типовых моделей оптимального планирования. Каждая модель применима для более или менее широкого класса расчетов, однотипных по количественным зависимостям, но предназначенных для задач, различных по экономическому содержанию, и может быть модифицирована в конкретном случае, сохраняя, однако, свои определяющие особенности.

Обоснованность выбора той или иной модели зависит, во-первых, от того, насколько действен определенный фактор (производственный, транспортный, сырьевой и т.п.) в конкретной экономической ситуации, во-вторых, какова математическая форма зависимости основных параметров расчета (прежде всего показателей затрат) от этого фактора.

Общепризнано, что суть проблемы оптимизации размещения состоит в сопоставлении снижения уровня производственных расходов при увеличении концентрации и специализации производства с возрастанием транспортных расходов, которое будет происходить при концентрации однородного производства. В принципе такая точка зрения неоспорима, но при условии, если в рассмотрение включается весь комплекс существенных факторов, влияющих на сравнительную величину производственных и транспортных расходов.

Однако при осуществлении планово-экономических расчетов на основе существующих калькуляций себестоимости, смет капитальных затрат и транспортных тарифов могут упускаться из виду важные факторы социального и особенно организационного характера, которые сведут на нет усилия по отысканию экономически эффективных вариантов. Во многих отраслях промышленности технико-экономические расчеты показывают, что возможности снижения производственных затрат при концентрации предприятий намного перекрывают соответствующее увеличение транспортных расходов. В этом случае при решении практических задач с учетом обработки данных на ЭВМ получается, что концентрацию для многих предприятий следует осуществлять до максимально допустимых пределов. Однако при функционировании таких на первый взгляд эффективных крупных предприятий могут возникать значительные трудности организационного характера, связанные, в частности, с нарушением равномерности и ритмичности поставок сырья или образованием излишних нерациональных запасов, что приведет к экономическим потерям и ухудшению качества продукции.

Слишком большой круг потребителей готовой продукции и отсутствие прямых связей по поставкам продукции могут привести к нерациональности ее распределения, перебоям в снабжении одних потребителей при избытке продукции у других. Крупные заводы могут строиться значительно дольше более мелких, к тому же это может потребовать непредвиденных смежных капитальных вложений в подготовку кадров и в дополнительное жилищное строительство. Эти факторы прямо не отражаются в показателях себестоимости и удельных капитальных вложениях, исчисляемых по существующей методике и закладываемых в экономико-математический расчет. Аналогичные соображения могут относиться и к действию ряда других факторов. Это, конечно, не ставит под сомнение эффективность крупного производства. Однако при обосновании решений об оптимальном размещении, специализации и концентрации производства необходимо особенно тщательно учитывать индивидуальные особенности изменения производственных затрат

для разных предприятий, строить функциональные зависимости изменения этих затрат под влиянием многих факторов в аналитической или табличной форме, а не полагаться на укрупненные показатели себестоимости и капитальных вложений, "в среднем" достоверные для определенного уровня концентрации и специализации.

Любой моделируемый объект на народнохозяйственном уровне планирования представляет собой сложный комплекс производств, различных по характеру перерабатываемых материалов и полуфабрикатов, технологии производства, уровню концентрации, специализации и кооперирования, соотношению между массой сырья и готовой продукции. Поэтому выбор моделей для выполнения расчетов зависит от экономического анализа степени влияния множества факторов на размещение предприятий соответствующей отрасли.

Основными факторами развития и размещения являются:

природные условия – полезные ископаемые, гидроэнергетические и лесные ресурсы, климат;

трудовые ресурсы. Действие этого фактора определяется численностью населения, долей в ней трудоспособного населения, его занятостью, структурой и квалификационным составом, возможностями миграции и т.д.;

технический прогресс – внедрение новых видов сырья и материалов, новой технологии; электрификация, химизация, автоматизация производства;

формы общественной организации производства – концентрация, специализация, кооперирование и комбинирование производства;

транспортные условия. Влияние транспортных условий определяется соотношением производственных затрат и затрат на транспортировку сырья, топлива и готовой продукции;

условия потребления продукции отрасли – суммарная потребность, ее структура по видам изделий и по районам, взаимозаменяемость продукции и т.д.;

социально-политические условия – оборонные, политические, социальные, проблемы трудоустройства, выравнивание уровней жизни, культурный рост населения отдаленных районов и т.д.

Анализ влияния особенностей и факторов размещения, характерных для конкретного объекта планирования, – важный этап в процессе разработки оптимальных перспективных решений. Вместе с тем необходимо четко сознавать, что сопоставление факторов на основе некоторых усредненных тенденций с учетом определенных различий по экономическим районам поможет лишь выбрать подходящую экономико-математическую модель для расчета, но в подавляющем большинстве случаев будет недостаточным для разработки конкретных рекомендаций. Причина в том, что конкретные формы проявления факторов размещения отличаются огромным разнообразием, во-первых, вследствие территориальных различий в условиях производства, сырья, состояния транспортных коммуникаций, обеспеченности рабочей силой,

характера рассредоточения спроса на продукцию, специализации действующих предприятий и т.п., во-вторых, вследствие изменений в уровне важнейших технологических и экономических характеристик во времени, что определяется прежде всего техническим прогрессом. Анализ общих тенденций и факторов позволяет определить основные направления в политике развития объекта планирования; весь смысл последующих конкретных рекомендаций должен базироваться на расчетах по максимизации экономического эффекта на основе количественного сопоставления индивидуальных различий, что в полной мере осуществимо лишь с помощью экономико-математических моделей.

Наиболее распространенной в настоящее время является постановка задач развития и размещения отрасли, решаемых с помощью оптимизационных расчетов по критерию минимизации приведенных затрат. Можно назвать два преимущества моделей расчета на минимум затрат в современных условиях. Во-первых, существующая практика планирования пользуется обоснованными в той или иной степени методами прогноза потребности в продукции. Такой прогноз осуществляется, как правило, на основе прямого счета потребности в соответствии с принятыми нормативами, либо использует методы экстраполяции фактических данных в их непосредственном или скорректированном виде. Сколько-нибудь широко распространенная методика прогноза оптимальных цен на продукцию, напротив, пока отсутствует. Во-вторых, модели с фиксированным спросом на продукцию более естественно вписываются в существующую систему плановых расчетов, которая основана на использовании балансовых методов планирования материально-вещественной структуры производства по отраслям. Это – важное преимущество, если учесть, что оптимизационные расчеты еще не охватывают значительной части проектировок на перспективу.

При постановке и решении практических задач расчеты приходится выполнять по исходным данным о затратах, удельных капитальных вложениях, которые исчислены без учета требований теории оптимального планирования. Поэтому при выборе критерия целесообразно использовать ряд принципов, позволяющих более корректно подойти к исчислению затрат.

Конструктивное значение имеют два общих принципа: 1) в функцию цели расчета следует включать лишь те затраты, которые зависят от структуры его результата; 2) необходимо так подходить к исчислению затрат, чтобы их суммарная величина по планируемому комплексу в точности соответствовала итоговому результату расчета, в то время как исчерпывающее измерение затрат на единицу продукции по отдельным предприятиям важно в той мере, в какой это может повлиять на общую сумму затрат.

Последовательная реализация этих принципов, имеющих математическое обоснование, применительно к исчислению затрат приводит к важным экономическим выводам. Прежде всего оптимизации могут быть подвергнуты лишь будущие затраты. Отсюда прошлые капитальные

вложения приравниваются в оптимальных отраслевых расчетах к нулю. Они представлены созданными мощностями или их заделами и оптимизируются постольку, поскольку оптимизация предстоящих капитальных вложений требует максимально эффективного использования наличных мощностей. Исходя из этого же принципа, необходимо оценивать потери от возможной ликвидации фондов по величине предстоящих издержек, которые придется понести, чтобы восполнить возникшие потери. При этом ни первоначальная стоимость, ни недоамортизация, ни срок службы ликвидируемых фондов не имеют никакого значения. Точно так же амортизационные отчисления, учитываемые в эксплуатационных издержках данного года, должны покрывать предстоящие, а не прошлые затраты на возмещение выбытия (реновацию) или капитальный ремонт соответствующего объекта.

Важные следствия вытекают из того факта, что часть затрат, которая остается постоянной в функционале, не влияет на структуру оптимального решения. Значит, не имеет никакого значения исчисление себестоимости производства продукции на действующих предприятиях, если их мощность используется на заранее заданном уровне, а ликвидация явно нецелесообразна. Этот же принцип приводит к обоснованности учета текущих и единовременных затрат на транспорте лишь в той части, которая зависит от размеров движения при перевозке продукции.

Одна из наиболее сложных проблем – учет ограниченности ресурсов с помощью норм их эффективности. Практика планово-проектных расчетов широко использует норму эффективности капитальных вложений для расчета приведенных затрат. Но, кроме этого, целесообразно в необходимых случаях вводить в расчет экономическую оценку земли, воды, топливно-энергетических ресурсов, дефицитных материалов и т.п. Для этого необходимо оценивать эффект от альтернативных направлений применения указанных ресурсов и обеспечивать в данном направлении не меньший эффект. В последнее время исчислены такие нормы эффективности по ряду ресурсов: топливно-энергетическим, водным (для района Средней Азии) и т.д. Вместе с тем такой подход еще не получил широкой практической реализации. Поэтому в конкретных расчетах бывает удобнее в случае необходимости вводить непосредственные лимиты по ограниченным ресурсам, не прибегая к исчислению нормативов их эффективности.

Важный момент при построении критерия оптимальности – сопоставление затрат во времени. Затраты разных лет, вообще говоря, прямо несопоставимы, так как имеют разную значимость в данный момент времени. Основные причины этого состоят в том, что, во-первых, сегодня сэкономленные средства могут быть пущены в хозяйственный оборот и к определенному моменту в будущем увеличивают свой объем, во-вторых, большое значение имеет неопределенность, органически присущая информации о будущем. Через некоторый промежуток времени производственные условия могут существенно измениться, и то,

что сегодня представляется экономией, которая будет достигнута в перспективе, может на самом деле привести даже к убытку. Наиболее известной формулой коэффициента, с помощью которого осуществляется приведение затрат во времени, является формула сложных процентов:

$$B_t = (1 + E)^{n-t}, \tag{5.31}$$

где n – год, к которому приводится значение экономического показателя (год приведения); t – рассматриваемый год; B_t – коэффициент приведения показателя года t к году n; E – норма эффективности вложений.

Сравнительная эффективность вариантов не зависит от выбора n, т.е. от того, к какому году (первому или последнему) планового периода приводятся затраты (важно только, чтобы все затраты по всем объектам планирования приводились к одному и тому же году). Если норма эффективности меняется по годам планового периода, формулы приведения затрат к единому моменту времени несколько усложняются. Удобнее все же приведение к первому году.

В расчетах по оптимизации развития и размещения с позиций отдельных предприятий могут быть использованы такие критерии оптимальности, как например, максимум прибыли или выпуска продукции в натуральном выражении. Это целесообразно, если продукция дефицитна и имеется достаточно надежный способ измерения различных продуктов в некоторых общих единицах либо удается зафиксировать ассортиментное соотношение между продуктами, которое выдерживается при любом изменении их выпуска. Применение натуральных критериев оправдано, если ценностные показатели не являются достаточно обоснованными или цены еще не разработаны, например на вновь осваиваемую продукцию.

5.3. ПРАКТИЧЕСКИ ОСВОЕННЫЕ ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ

В настоящее время наиболее изучены и широко применяются *однопродуктовые* экономико-математические модели размещения промышленного производства. В однопродуктовой модели производственная мощность предприятий и потребность по пунктам потребления выражаются в одинаковых единицах измерения. В расчете в этих же единицах исчисляются показатели затрат на производство и транспортировку однородной продукции.

Однопродуктовый характер модели не является следствием однородности продукции с точки зрения ее потребительских свойств и технологии производства. Зачастую условия конкретных расчетов сводятся к однопродуктовой модели с большей или меньшей степенью условности. Необходимым условием такого сведения (упрощения) является

выполнение одного из следующих условий: 1) продукция однородна по потребительским свойствам[1]; 2) продукция взаимозаменяема и сводится к условной единице с помощью некоторых технических коэффициентов; 3) продукция непосредственно не взаимозаменяема, но является "комплектной", при этом комплекты взаимозаменяемы[2]; 4) продукция невзаимозаменяема, но вырабатывается из однородного сырья при стабильной технологии его переработки[3].

При выборе конкретного типа модели должна быть тщательно изучена возможность выполнения расчетов по однопродуктовой модели, так как это обеспечивает существенные информационные и вычислительные преимущества. Укрупненные показатели более устойчивы, так как неточности в детализированных данных, которые могут быть существенными, при укрупнении в конечном счете усредняются. Более того, принятие перспективных плановых решений зачастую и не требует чрезмерной детализации экономических и технических показателей. Например, для решения вопроса о целесообразности строительства новых предприятий по существу никакой полезной информации не дадут развернутый план загрузки их технологического оборудования по номенклатуре продукции, детализированной вплоть до отдельных типоразмеров, подробный план материально-технического снабжения этих предприятий или излишне скрупулезный расчет потребности в продукции на пять лет вперед. Нецелесообразно поэтому в экономико-математической модели предусматривать излишне подробную детализацию данных, даже если электронно-вычислительная техника позволяет производить весьма трудоемкие расчеты. Как правило, достаточно проанализировать производственный портфель по каждому варианту развития предприятий в разрезе более или менее укрупненных групп продукции, основные направления техники и технологии производства, общий уровень концентрации производства, укрупненную схему поставок сырья и готовой продукции и т.п. и рассчитать экономические показатели, соответствующие разным значениям указанных характеристик. Исходя из этих соображений, экономико-математические расчеты на базе однопродуктовых моделей представляются для многих задач размещения и концентрации предприятий весьма полезным и эффективным инструментом обоснования решений.

Существуют различные типы однопродуктовых моделей развития и размещения производства, в разной степени отражающих влияние производственного, сырьевого и транспортного факторов на экономическую эффективность перспективных планов [3].

---

[1] В пищевой промышленности сюда могут быть отнесены, например, задачи размещения сахарорафинадной, масложировой, молочной промышленности и др.

[2] Под комплексностью продукции понимается некоторое фиксированное соотношение между разными продуктами, которое остается постоянным при изменениях объема выпуска на отдельных предприятиях.

[3] К этому типу могут быть отнесены расчеты по размещению спиртовой, крахмалопаточной, мясной промышленности и др.

Однопродуктовая производственная модель оптимизации размеров предприятий. Эта экономико-математическая модель является простейшей задачей размещения группы предприятий[1] в пределах заданной территории. Введем обозначения: i – индекс пункта производства $(i = 1, 2, ..., m)$; M – общая потребность в продукции или объем сырья, который необходимо переработать; x_i – мощность предприятий в i-м пункте, выраженная в единицах конечной продукции или сырья; $q_i(x_i)$ – функция изменения производственных затрат в зависимости от мощности предприятий в i-м пункте.

Тогда модель задачи запишется следующим образом:
минимизировать функционал

$$E(x) = \Sigma^m_{i=1} q_i(x_i) \to \min \tag{5.32}$$

при условиях:

$$\Sigma^m_{i=1} x_i \geqslant M; \tag{5.33}$$

$$x_i \geqslant 0 \ (i = 1, 2, ..., m). \tag{5.34}$$

В этой модели одновременно определяется рациональный размер нескольких промышленных предприятий, которые вырабатывают один и тот же вид продукции или перерабатывают однородное сырье. Критерием является минимум суммы приведенных текущих и единовременных затрат в целом по комплексу предприятий.

Во многих расчетах указанного типа практически важным условием является требование дискретности или целочисленности изменения производственных мощностей, объемов производства продукции или перерабатываемого сырья (x_i), когда имеется набор заранее заданных вариантов концентрации производства для каждого предприятия, а промежуточные варианты не рассматриваются. В этом случае в модель вместо ограничения (5.34) вводится следующее ограничение:

$$x_i = \left\{ A_i^1, A_i^2, ..., A_i^h, ..., A_i^{hi} \right\} \ (i = 1, 2, ..., m), \tag{5.35}$$

где h – индекс варианта концентрации предприятий; A_i^h – мощность предприятия в i-м пункте по варианту h; h_i – число таких вариантов для пункта i.

Расчет по такой модели может быть реализован методом динамического программирования [5]. Для этого необходимо статический процесс распределения объема производства искусственно развернуть в динамический процесс. Вместо одного расчета с заданным объемом и фиксированным количеством объектов

[1] Под "предприятием" может пониматься любой объект планирования (стройка, группа предприятий, ведомство, регион и т.п.).

(m) рассматривается целое семейство таких расчетов, в которых объем производства x может принимать любые значения в пределах от 0 до M, а количество объектов планирования (N), включенных в распределение, принимает соответственно любые целые значения от 1 до m. Выделяя какой-то объем сначала N-му предприятию, затем ($N-1$)-му предприятию и т.д., мы вводим динамический процесс распределения.

Для решения многих задач оптимального размещения отраслей промышленности требуются расчеты на основе экономико-математических моделей многопродуктового типа. Особенность многопродуктовых моделей заключается в том, что потребность в продукции, варианты производства на отдельных предприятиях и транспортно-производственные связи определяются дифференцированно по видам совместно выпускаемой продукции.

Одна из главных причин применения многопродуктовых моделей состоит в том, что на многих предприятиях промышленности на основе единой технологии выпускается продукция, невзаимозаменяемая по своим потребительским свойствам. В процессе экономико-математического расчета на оптимум сопоставляется экономическая эффективность комбинированных и обособленных предприятий на основе единовременного учета сложного взаимодействия производственных, транспортных и потребительских факторов. При этом показатель экономического эффекта (как правило, сумма приведенных производственно-транспортных затрат) рассчитывается в целом по комплексу, связанному с одними и теми же потребителями, а не изолированно для отдельных комбинатов.

Другая важная причина применения многопродуктовых моделей – необходимость оптимальной специализации предприятий. Специализация, которая понимается как концентрация однородного производства, позволяет обеспечить устойчивость и постоянство производственного процесса, использовать специализированное оборудование на основе широкого осуществления механизации и автоматизации производства, уменьшить объем переналадок оборудования, повысить производительность труда и эффективность управления. Экономически целесообразный уровень специализации должен определяться не с позиций отдельных предприятий, а с точки зрения целой их совокупности, образующей многосложные связи предприятий с поставщиками сырья и потребителями готовой продукции.

Оптимизация предметной и продуктовой специализации главным образом сводится к определению наилучшего состава и загрузки производственных мощностей отдельных предприятий и к обеспечению их наиболее выгодного сочетания в целом по отраслевому комплексу.

Характерным типом задач с применением многопродуктовых моделей развития и размещения производства является проектирование комплексных кооперированных предприятий, объединяющих в своем составе технологически не взаимосвязанные производства, сблокированные на одной промышленной площадке.

Это позволяет существенно сократить протяженность инженерных и транспортных коммуникаций (сети водопровода, канализации, теплофикации, подъездных автомобильных и железнодорожных путей и т.д.), т.е. выбрать оптимальную инфраструктуру.

Рассмотрим основной тип многопродуктовой экономико-математической модели, пригодной для расчетов на оптимум.

Вариантные многопродуктовые модели производственного типа. Введем обозначения: i – индекс пункта производства ($i = 1, 2, ..., m$); h – индекс варианта развития предприятия в i-м пункте ($h = 1, 2, ..., h_i$); k – индекс вида продукции ($k = 1, 2, ..., r$); B_k – потребность в продукции вида k; a_{ik}^h – мощность производства продукта k в i-м пункте по варианту h; s – вид ресурса ($s = 1, 2, ..., S$); D_S – ограничение по ресурсу вида s; b_{is}^h – затраты ресурса s в i-м пункте по варианту h; c_i^h – показатели суммарных затрат на производство всей продукции по варианту h в пункте i; x_i^h – интенсивность использования варианта h в i-м пункте.

Модель задачи. Минимизировать функционал

$$F(x) = \Sigma_{i=1}^{m} \Sigma_{n=1}^{h_i} c_i^h x_i^h \tag{5.36}$$

при условиях:

$$\Sigma_{i=1}^{m} \Sigma_{h=1}^{h_i} a_{ik}^h x_i^h \geqslant B_k; \tag{5.37}$$

$$\Sigma_{i=1}^{m} \Sigma_{h=1}^{h_i} b_{is}^h x_i^h \leqslant D_s; \tag{5.38}$$

$$x_i^h = \begin{cases} 0, \\ 1; \end{cases} \tag{5.39}$$

$$\Sigma_{h=1}^{h_i} x_i^h \leqslant 1. \tag{5.40}$$

Приведенная модель является моделью производственного типа по удовлетворению заданной потребности в определенном объеме и ассортименте продуктов с минимумом совокупных затрат при заданных общих лимитах ресурсов[1].

Данная модель является вариантной моделью целочисленного программирования. По каждому предприятию i задается набор заранее разработанных вариантов выпуска продукции по номенклатуре k, приведенной в точное соответствие с номенклатурной потребностью. Каждый вариант h на предприятии характеризуется годовым объемом выпуска продуктов a_{ik}^h, затрат ресурсов b_{is}^h и общей суммой приведенных затрат c_i^h в расчете на весь объем годового выпуска. Для действующих заводов c_i^h – смета затрат на производство, для новостроек c_i^h будет включать еще и капитальные вложения. В процессе решения существует

[1] На стадии разработки основных направлений перспективных планов ограничения на ресурсы вначале могут не учитываться, так как формируется потребность отрасли в ресурсах.

две альтернативы: либо вариант принимается к реализации, тогда $x_i^h = 1$, либо он признается нецелесообразным, тогда $x_i^h = 0$. По каждому предприятию может быть выбрано не больше одного варианта развития, при этом частичное использование варианта не допускается. Такое условие по сути дела является условием целочисленности.

Проблема целочисленности вызвана рядом объективных причин. Во-первых, мощность предприятия определяется обычно как суммарная мощность некоторых ведущих агрегатов технологического процесса, а каждый "агрегат" (печь, технологическая линия, типовой цех и т.п.) технологически неделим. Если в результаты расчета попадает некоторая часть агрегата, это означает недогрузку целого агрегата; оценить экономические потери от такой недогрузки трудно, к тому же в подавляющем большинстве случаев оптимальной является именно полная загрузка мощности каждого агрегата. Во-вторых, типовые проекты нового строительства и варианты развития, расширения и реконструкции действующих предприятий в настоящее время разрабатываются для вполне определенного ограниченного набора производственных мощностей. Конечно, было бы весьма привлекательно иметь так называемые инженерно-производственные функции, в которых бы в математической форме указывались связи между параметрами технологического процесса, выпуском продукции и затратами с широкими пределами изменения. Однако точное количественное определение таких функциональных связей – дело чрезвычайно сложное, не имеющее серьезных прецедентов.

Вариантная модель – самая универсальная каркасная модель, так как исходная информация, на основе которой строится оптимальный план (а именно варианты развития действующих или новых предприятий), содержит в уже готовом виде все инженерные и организационные решения, принимаемые в рамках этих предприятий. Отдельные варианты могут различаться суммарной мощностью предприятия, его специализацией, различной технологией, неодинаковой структурой парка оборудования, различными формами организации процесса производства и обслуживания, разными сроками проведения строительства или реконструкций предприятий и т.п. Все эти альтернативы предусматриваются специалистами-проектировщиками, которые разрабатывают варианты до начала расчета наилучшего сочетания вариантов в целом по отрасли. Такое оптимальное сочетание заводских вариантов может дать весьма значительное снижение затрат по сравнению с некоторым планом, построенным экспертным способом.

Вместе с тем этот подход имеет свои достоинства и недостатки. Достоинства вариантной модели состоят в том, что при разработке исходных вариантов можно учесть большое разнообразие индивидуальных особенностей отдельных предприятий и на базе хорошей предварительной работы проектировщиков получить результат, который заведомо не противоречит реальным условиям производства. Это каче-

ство особенно ценно, если в задаче рассматривается большое количество действующих предприятий со сложившимся производственным профилем и ограниченными возможностями для существенного расширения и глубокой реконструкции.

Данная модель может успешно применяться и в задаче на оптимальное комбинирование. В этом случае обособленные производства характеризуются отдельными вариантами развития и размещения, а комбинаты составляют варианты, где сочетаются последовательные технологические стадии разработки продуктов; при этом в сумму приведенных затрат по разным вариантам включаются дополнительные расходы (+) или экономия (−) при транспортировке полуфабрикатов по жестко заданным маршрутам.

К недостаткам вариантного подхода можно отнести: 1) модель не учитывает перевозки сырья и готовой продукции (транспортные связи); 2) затруднена целочисленность учета условий; 3) возможны несоответствия между специализацией исходных вариантов и структурой общей потребности в продукции отрасли.

Учесть транспортные связи в модели в принципе несложно. С этой целью к приведенной системе ограничений добавляются блоки типа открытой транспортной задачи линейного программирования по каждому виду продукции. При этом условия модели (5.36) – (5.40) остаются без изменения, но дополняются ограничениями:

$$\Sigma_{j=1}^{n} x_{ij}^{k} \leqslant \Sigma_{h=1}^{h_i} a_{ik}^{h} x_i^{h}; \tag{5.41}$$

$$\Sigma_{i=1}^{m} x_{ij}^{k} R = B_j^{k}, \tag{5.42}$$

$$x_{ij}^{k} \geqslant 0, \tag{5.43}$$

где B_j^k – потребность в продукции вида k в пункте потребления j; x_{ij}^k – объем поставки продукции k от предприятия i в пункт j.

Ограничения (5.41) устанавливают баланс между вывозом продукции каждого вида из i-го пункта производства во все пункты потребления и производственной мощностью в i-м пункте по выпуску данного продукта; условия (5.42) – традиционные ограничения на потребности в транспортной задаче линейного программирования (они задаются по каждому пункту потребления j в разрезе отдельных продуктов); ограничения (5.43) – условия неотрицательности поставок. Всего в модели будет столько транспортных блоков, сколько продуктов. Аналогичным образом вводятся связи по сырью. Тогда расчет становится многоэтапным. Естественно, что в целевую функцию добавляются суммарные затраты на транспортировку готовой продукции, т.е.

$$\Sigma_{k=1}^{r} \Sigma_{j=1}^{n} \Sigma_{i=1}^{m} c_{ij}^{k} x_{ij}^{k}, \tag{5.44}$$

где c_{ij}^k – расходы на транспортировку единицы продукции k от предприятия i потребителю j. Так же вводятся затраты на сырье.

Расчеты по многопродуктовым вариантным моделям, особенно с учетом транспортного фактора, довольно сложны. Наиболее распространенный способ – замена условий целочисленности обычной моделью линейного программирования без учета ограничения (5.39). В последнее время предложены методы, позволяющие более строго подойти к поиску решений вариантных моделей, в частности на основе сочетания методов линейного и стохастического программирования, однако эти методы весьма трудоемки даже при реализации на ЭВМ.

В АСПР оптимизационные модели используются в задачах и сводных, и отраслевых подсистем. В частности, в подсистеме "Сводный народнохозяйственный план" АСПР Госплана СССР функционирует ряд оптимизационных моделей межотраслевого баланса. Для отраслевых подсистем характерны задачи оптимального развития и размещения производства, а также задачи оптимизации производственной программы отрасли. Первые реализуются, как правило, в вариантной постановке с целевой функцией минимизации полных приведенных затрат. Типичным примером вторых являются задачи максимизации выпуска продукции в заданной структуре при ограничениях по производственным мощностям и отдельным материальным ресурсам.

Следует, однако, отметить, что после относительно быстрого наращивания числа реализуемых в АСПР отраслевых оптимизационных задач в середине 70-х гг. наступил определенный спад. Объясняется это главным образом тем, что в условиях действовавшего хозяйственного механизма производители продукции далеко не всегда были заинтересованы в принятии на себя напряженных плановых заданий. Но оптимальный план – это всегда напряженный план. Поэтому в конце 70-х – начале 80-х гг. количество оптимизационных задач как в ОАСУ, так и в АСПР стало устойчиво сокращаться.

В XII пятилетке по мере совершенствования хозяйственного механизма роль и значение оптимизационных моделей в АСПР должны возрастать. Опыт показывает, что с их помощью можно обосновать плановые решения, которые на 10–15 % эффективнее формируемых традиционными методами.

Литература к главе 5

1. Гасс Г. Линейное программирование. М.: Физматгиз, 1961.
2. Евенко Л.И., Истомин Л.И., Сухарев А.М., Тихомиров Б.И. Экономико-математическое моделирование в пищевой промышленности. М.: Пищевая промышленность, 1970.
3. Основные положения оптимального планирования развития и размещения производства. Новосибирск: Наука, 1968.
4. Тихомиров Б.И. Автоматизированная разработка отраслевого плана капитальных вложений. М.: Экономика, 1977.
5. Аганбегян А.Г., Багриновский К.А., Гранберг А.Г. Системы моделей народнохозяйственного планирования. М.: Мысль, 1982.

Глава 6

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

6.1. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Основные понятия. Процессы принятия решений (ППР) играют ведущую роль при разработке плана.

Процесс принятия решений в целом не формализуем. Отдельные этапы ППР всегда будут оставаться за человеком. Поэтому экономико-математические методы и модели применяются, как правило, только лишь на некоторых этапах ППР. В том же случае, когда задачу принятия решения удается записать в формальном виде и найти соответствующий метод и алгоритм ее решения, говорят, что задача принятия решения формализована (но не процесс принятия решения в целом). Так, в гл. 5 рассмотрены примеры формализованных задач принятия решения, в частности приводится задача линейного программирования.

Введем основные понятия, которые будут использованы при характеристике задач принятия решений.

Цель – идеальное представление желаемого состояния или результата деятельности.

Если фактическое состояние не соответствует желаемому состоянию, имеет место проблемная ситуация или проблема.

Вариант решения – возможный способ достижения поставленных целей. Варианты решения должны быть взаимоисключающими, или альтернативными. Поэтому возможные варианты решения называют еще альтернативами.

Предпочтение – это оценка полезности или качества решения. Оценка может быть задана интегрально без выделения признаков, по которым она производится. Обычно такая оценка основывается не только на объективном анализе, но и на субъективном понимании ценности, эффективности решений, отражающих психологические особенности мышления людей.

Признаки, по которым оценивается качество решения, могут быть представлены и явно. В качестве такого признака может выступать, например, степень достижения поставленной цели. Предпочтение может быть задано и в различных шкалах, например в количественной шкале, когда оценка качества решения есть некоторая количественная оценка.

С помощью к р и т е р и я определяется понятие наилучшего решения. В качестве критерия может выступать, например, максимизация степени достижения поставленной цели. Таких критериев будет несколько, если задача принятия решения направлена на достижение многих целей.

О п т и м а л ь н о е р е ш е н и е – наилучший с точки зрения всех критериев вариант. С содержательной точки зрения решением может быть курс действия, способ действия, план работы, вариант проекта и т.п.

Решение является одним из видов мыслительной деятельности и проявления воли человека и имеет свои характерные признаки. К таким признакам относятся: 1) наличие выбора из множества возможностей; 2) выбор ориентирован на сознательное достижение целей; 3) выбор основан на сформировавшейся установке к действию. Первый признак определяет необходимость существования альтернатив для осуществления выбора. Если нет выбора, то нет и решения. Второй признак подчеркивает целенаправленность и сознательность выбора. Бесцельный выбор, импульсивное действие не определяют решение. Третий признак указывает на волевой акт при выборе решения. Решение должно приводить к действию, поэтому человек, принимающий решение, формирует его на основе борьбы мотивов и выработки установки – состояния готовности к действию.

С у б ъ е к т о м всякого решения является лицо, принимающее решение (ЛПР). Это может быть один человек или группа лиц, осуществляющих коллективное решение. Для помощи ЛПР в сборе, анализе информации и формировании вариантов решения привлекаются эксперты – специалисты по решаемой проблеме.

Весь комплекс этапов принятия решения носит название п р о ц е с с а п р и н я т и я р е ш е н и я (ППР). Принятие решения или выбор наилучшей альтернативы является одним из наиболее важных этапов.

Далее будет рассмотрен конкретный пример задачи принятия решения – задачи совершенствования гарантийного обслуживания потребителей предметов длительного пользования [11].

Предприятия, производящие изделия длительного пользования, такие, как пылесосы, холодильники, часы, реализуют свою продукцию населению всей страны и гарантируют качество своих изделий в течение определенного (гарантийного) срока. Если в течение этого периода обнаруживается в изделии дефект, то завод-изготовитель обязуется его устранить при содействии гарантийных мастерских. Завод-изготовитель возмещает гарантийным мастерским все расходы на проведенные работы. Основанием служат счета, которые предъявляются гарантийными мастерскими, и квитанции, прилагаемые к этим счетам. Система же отношений складывается так, что завод-изготовитель практически не может проверить правильность выполненных ремонтов прежде всего в силу разбросанности гарантийных мастерских по территории всей страны.

Задача состоит в выборе такого способа организации гарантийного обслуживания, который в максимальной степени способствовал бы

достижению двух целей: во-первых, снизить потери завода-изготовителя, во-вторых, совершенствовать гарантийное обслуживание в интересах потребителя.

При решении задачи принимаются следующие ограничения: считается, что в динамике сохраняются основные показатели деятельности завода, такие, как объем выпуска изделий; относительная частота появления дефектных изделий; относительная частота появления отдельных дефектов; сложившийся уровень затрат на гарантийные ремонты.

Далее должны быть сформированы возможные варианты решения – способы организации гарантийного обслуживания. Для этого введем *стадии гарантийного обслуживания*. Первая стадия – поступление дефектного изделия. Дефектное изделие может поступать и на завод-изготовитель непосредственно, и (или) в торговые предприятия, и (или) в гарантийные мастерские. Вторая стадия – установление характера дефекта – может быть реализована любым (или рядом) из перечисленных выше пунктов (гарантийной мастерской, заводом-изготовителем, торговым предприятием). Третья стадия – устранение дефекта. Для того чтобы эффективно устранять дефект, необходимо иметь для каждого вида изделий перечень возможных дефектов, перечень видов ремонта и правило, задающее соответствие между видами дефекта и видами ремонта. Будем предполагать, что ремонт производится на заводе-изготовителе и (или) в гарантийных мастерских. Замена может быть произведена в любом (или в ряде) из перечисленных выше пунктов. Четвертая стадия – выдача исправленного изделия потребителю. Выдача также может осуществляться в любом (или в ряде) из перечисленных выше пунктов.

Для того чтобы четко узнать признаки, которые используются при формировании вариантов решения, запишем их в виде двух таблиц.

Первая таблица задает соответствие между стадиями гарантийного обслуживания и пунктами их реализации (табл. 6.1). Если, например, дефектное изделие поступает на завод-изготовитель, то в клеточке, стоящей на пересечении данной стадии и данного пункта, ставится 1. Если изделие не может поступать в остальные пункты, т.е. в торговые предприятия и гарантийные мастерские, то в этих клеточках ставятся нули. Однако дефектное изделие может поступать и в два, и в три возможных пункта, т.е. 1 может стоять и в двух клеточках (110, 011, 101), и в трех клеточках (111). Аналогично первой строке для формирова-

Таблица 6.1

Пункты / Стадии	Завод-изготовитель	Торговые предприятия	Гарантийные мастерские
Поступление дефектного изделия	1	0	0
Установление характера дефекта			
Устранение дефекта			
Выдача исправленного изделия			

Таблица 6.2

Виды дефектов / Виды гарантийного обслуживания	1	2	r
Ремонт 1-й категории сложности	0		
Ремонт 2-й категории сложности	1		
.	.		
.	.		
.	.		
Ремонт *l*-й категории сложности	0		
Замена	0		

ния вариантов решения могут быть использованы и остальные строки табл. 6.1.

Для реализации третьей стадии предварительно строят вторую таблицу, которая задает соответствие между видами дефектов и видами ремонта, а также правило, определяющее для каждого дефекта необходимый вид гарантийного обслуживания. Таблица должна быть построена так, чтобы каждому дефекту однозначно соответствовал определенный вид гарантийного обслуживания. На пересечении некоторого столбца и некоторой строки будет стоять 1, если данному виду дефекта соответствует данный вид гарантийного обслуживания, в противном случае – 0 (табл. 6.2).

Рассмотрим некоторые возможные варианты решения.

Первый вариант. Дефектные изделия поступают в гарантийную мастерскую. Вид дефекта устанавливается в гарантийной мастерской. Зная вид дефекта, по табл. 6.2 однозначно определяется соответствующая категория сложности ремонта. Предположим, что ремонт осуществляется в гарантийной мастерской. Если же выявленный дефект неустраним, происходит замена дефектного изделия на новое. Наконец, последняя стадия – выдача исправленного изделия потребителю – осуществляется в гарантийной мастерской, если изделие ремонтируется в гарантийной мастерской. В обмен на дефектное годное изделие присылается с завода-изготовителя по почте. Второй вариант решения отличается от первого только тем, что обмен дефектного изделия на годное осуществляется торговым предприятием, а не заводом-изготовителем.

Рассмотрим критерии, используемые в данной задаче. Первый критерий – минимизировать среднее время обслуживания потребителя в расчете на одно дефектное изделие (количественный критерий). Второй критерий – минимизировать средние потери завода-изготовителя в расчете на одно дефектное изделие, выражаемое в денежных единицах (количественный критерий). Третий критерий – выбрать такой вариант решения, который в максимальной степени способствовал бы росту престижа завода-изготовителя (качественный критерий).

Сравним варианты по заданным критериям. Ясно, что второй вариант будет лучше первого варианта по первому критерию K_1. Однако во втором варианте возрастают расходы завода-изготовителя, поскольку у торговых предприятий для обмена дефектных изделий должен быть определенный запас годных изделий – возникают потери от задержки реализации. Таким образом, второй вариант будет хуже первого варианта по второму критерию K_2.

Далее необходимо формально записать количественные критерии, по которым будут оцениваться варианты решения. Выше были введены два количественных критерия. Первый (K_1) – минимизировать среднее время обслуживания потребителя в расчете на одно дефектное изделие:

$$K_1 = \frac{\Sigma_{i=1}^{l} t_{P_i} n_{P_i} + t_З n_З}{\Sigma_{i=1}^{l} n_{P_i} + n_З} \rightarrow min, \qquad (6.1)$$

где t_{P_i} – время, затрачиваемое на ремонт i-й категории сложности; n_{P_i} – число изделий, подлежащих ремонту i-й категории сложности; $t_З$ – время на замену; $n_З$ – число изделий, подлежащих замене. Таким образом, в числителе стоит общее время, затрачиваемое на гарантийное обслуживание потребителей, в знаменателе – общее число дефектных изделий.

Второй критерий (K_2) – минимизировать средние потери завода-изготовителя в расчете на одно дефектное изделие:

$$K_2 = \frac{З_В + П_З}{\Sigma_{i=1}^{l} n_{P_i} + n_З} \rightarrow min; \qquad (6.2)$$

$$З_В = \Sigma_{i=1}^{l} З_{P_i} n_{P_i} + З_З n_З, П_З = N \cdot Н_З / 100 \cdot С,$$

где $З_В$ – затраты на восстановление дефектных изделий; $П_З$ – потери от задержки реализации; $З_{P_i}$ – затраты на ремонт i-й категории сложности; n_{P_i} – число изделий, подлежащих ремонту i-й категории сложности; $З_З$ – затраты при замене (затраты на восстановление одного изделия при замене). Восстановление изделия, имеющего неустранимый дефект, может состоять из разборки изделия и последующей сборки при замене неисправных агрегатов и узлов; $n_З$ – число заменяемых изделий; N – общий объем выпуска изделий; $Н_З$ – норма запаса в процентах; $С$ – цена одного изделия. Таким образом, для каждого варианта решения (варианта гарантийного обслуживания) могут быть рассчитаны количественные оценки по двум выделенным признакам.

В завершение требуется из всех возможных вариантов решения выбрать вариант, наилучший с точки зрения трех критериев. В данном случае операцию выбора такого варианта можно разбить на две автономные стадии.

1. Первоначально выбрать группу вариантов, наилучших с точки зрения двух количественных критериев, поскольку такие варианты будут

одновременно способствовать и росту престижа завода-изготовителя. В силу того, что на первой стадии выделены два количественных признака, по которым сравниваются варианты решения, для иллюстрации может быть использована двумерная плоскость. Для этого на оси OX откладываются оценки вариантов по критерию K_1, на оси OY – оценки вариантов по критерию K_2. Таким образом, варианты решений предстанут в виде точек двумерного пространства. Например, на рис. 6.1 изображены 6 вариантов решения. Лучшим считается вариант, имеющий меньшие значения по обоим количественным критериям или меньшее значение по одному критерию и равное по другому. На рис. 6.1 лучшими являются варианты 1, 5, 6. Они концентрируются вблизи осей. Варианты 2, 3, 4 явно хуже, поскольку они удалены от осей дальше, т.е. имеют бо́льшие значения по обоим критериям.

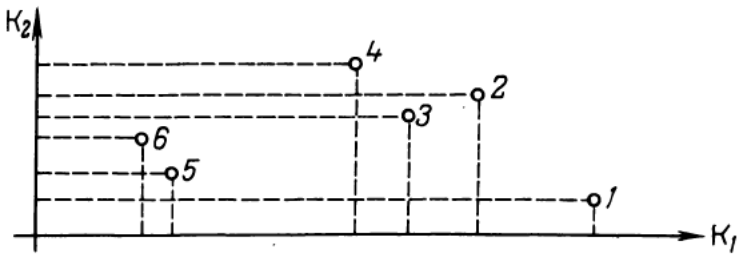

Рис. 6.1.

2. На второй стадии привлекается качественный критерий K_3.

На рис. 6.1 варианты 1, 5 и 6 решения имеют разные оценки по обоим критериям. Поэтому в рассмотрение включается третий критерий. При первом варианте решения завод-изготовитель несет наименьшие потери. Однако с точки зрения престижа завода-изготовителя этот вариант нас не устраивает, поскольку имеет самое большое время обслуживания потребителей. Остаются варианты 5, 6 и привлекается дополнительная информация для доказательства преимущества одного из вариантов.

Структурная модель ППР. Целостное представление о процессе принятия решения дает его структурная модель – схема ППР, фиксирующая его основные этапы и порядок их следования (рис. 6.2). Схема ППР является идеализированной, ибо конкретные процессы от нее нередко отклоняются. Не являются единственно возможными перечень и последовательность указанных этапов. Введение временны́х или других ресурсных ограничений в реальный ППР может привести к значительному сокращению процесса. Кроме того, обратные связи возникают практически между всеми этапами. Часто неудача на последующем этапе заставляет обратиться к предшествующему, а от него к целому ряду ранее пройденных этапов. Изобразить полностью эти взаимосвязи графически невозможно, поэтому на рис. 6.2 они не представлены.

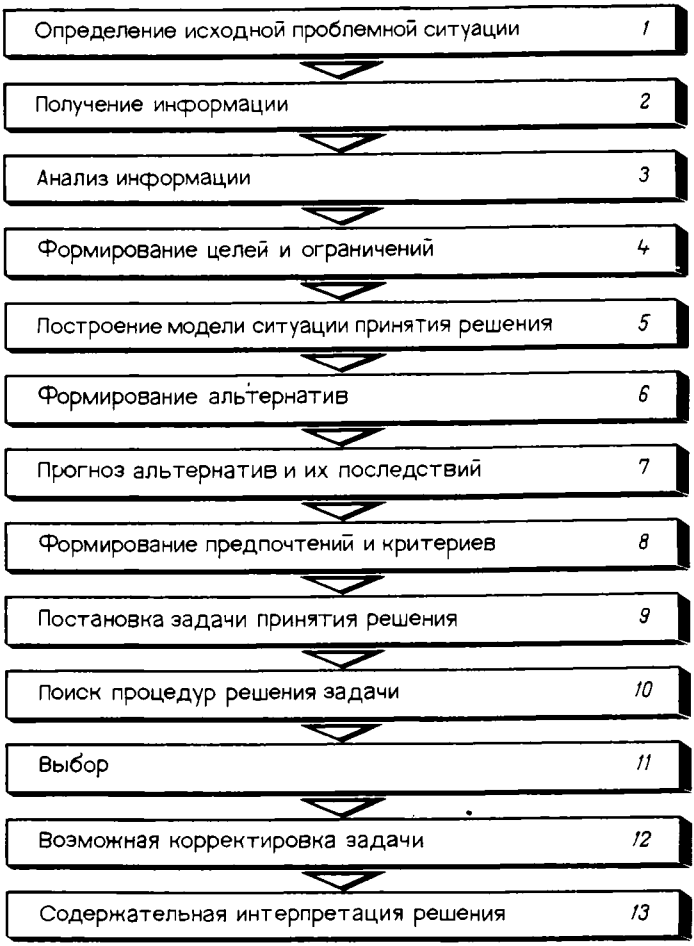

Рис. 6.2. Схема процесса принятия решения

Предлагаемая схема ППР включает в себя 13 этапов, характерные особенности которых рассмотрены ниже [4; 7; 9].

1. Определение исходной проблемной ситуации S_0, которая описывается содержательно и, если возможно, – с помощью набора количественных характеристик.

Исходная проблемная ситуация S_0 в задачах принятия решения часто полностью неясна. Например, рассмотрим задачу принятия решения о реконструкции предприятия. Проблемная ситуация S_0 заключается в необходимости реконструкции предприятия в связи с тем, что существующее оборудование и технология производства основной продукции устарели и не обеспечивают расширения объема производства и необходимого качества продукции.

Исходная проблемная ситуация содержит неопределенность, заключающуюся в том, что нет полной ясности: реконструкция предприятия будет производиться в рамках существующей или на расширенной территории. Однако на дополнительную территорию претендует другая организация, которая выдвигает в свою пользу достаточно веские аргументы. В связи с этим идет борьба мнений в соответствующих инстанциях.

Для доопределения исходной проблемной ситуации выдвигаются гипотетические ситуации S_j $(j = 1, 2, \ldots n)$, образующие конечное множество. Каждая ситуация описывается как содержательно, так и набором количественных характеристик, среди которых важное место занимает характеристика достоверности возникновения ситуации – вероятность ситуации P_j. Набор ситуаций (версий, гипотез) должен составлять полную группу, т.е. охватывать все возможные события, доопределяющие проблемную ситуацию S_0. Если сформулировать перечень всех возможных ситуаций затруднительно, то для построения полной группы вводят ситуацию под названием "остальные неизвестные ситуации", приписывая этой ситуации также определенную вероятность возникновения.

Сумма вероятностей альтернативных ситуаций, составляющих полную группу, равна единице: $\Sigma_{j=1}^{n} P_j = 1$, где n – количество ситуаций. При наличии статистических данных вероятности ситуаций P_j определяются как оценки частот появления ситуаций в прошедших опытах. Если статистические данные отсутствуют, то ЛПР на основании знаний, опыта и собственной интуиции определяет субъективные вероятности ситуаций.

Так, в рассматриваемом примере о реконструкции предприятия предлагается выделить две гипотетические ситуации: S_1 – реконструкция в рамках существующей территории, S_2 – реконструкция при условии увеличения территории предприятия на 10%. Достоверности ситуаций субъективно оцениваются как $P_1 = 0{,}4$; $P_2 = 0{,}6$.

2. Получение информации. Для принятия решений требуются различные директивные и нормативные материалы, данные статистической отчетности. Сами решения в известном смысле служат разновидностью информации, применяемой для выработки других решений. К этапу получения информации можно вернуться при необходимости и от всех последующих этапов.

Информация, используемая индивидом в ППР, может быть определена посредством наблюдения за внешней (по отношению к рассматриваемому процессу) средой или в результате специально организованного поиска и сбора нужных сведений.

При характеристике этапа получения информации следует учитывать ограниченность восприятия информации индивидом, которая в той или иной форме сказывается на характере поступающих сведений. Кроме того, умение идентифицировать информацию существенно зависит от используемых индивидом технологических способов распознавания образов. Эта технология сильно изменяется по мере накопления опыта и знаний: для распознавания образа становится достаточным гораздо меньший объем поступающих сообщений.

Качество принимаемых решений во многом зависит от степени разработанности проблем информационного обеспечения ППР.

3. Анализ информации. Данный этап проводится в целях отбора и упорядочения исходных данных, используемых в ППР, и включает ряд операций.

Прежде всего оценивается достоверность полученных сведений и выявляются возможные ошибки, связанные с кодированием и передачей сообщений, недостаточной репрезентативностью выборки, несовершенством человеческих источников информации.

Затем осуществляется фильтрация данных, назначение которой – преобразование входной информации таким образом, чтобы она была пригодна для дальнейших исследований. Фильтрация в ППР обычно осуществляется либо отсечкой, либо агрегацией, либо типологической выборкой информации.

Основной технологической проблемой для любого из этих способов является обоснованная классификация информации. При отсечке множество сведений разбивается на два класса (пропускаемых и отсекаемых) с помощью пороговых величин, шкал важности. При агрегации сведения укрупняются – происходит объединение отдельных сведений в подмножества на основе признака агрегации. Естественно, в таком случае теряется какая-то информация о микросвязях, но, с другой стороны, появляется возможность обобщенной характеристики макросвязей. Главная задача при агрегации – сохранить интересующие характеристики.

При типологической выборке производится разделение исходного множества данных на классы по определенным признакам и отбор элементов – представителей из каждого класса.

Важными функциями этапа анализа являются проверка согласованности сведений, получение производных групп данных, их обобщение и представление в виде, удобном для последующего применения.

4. Формирование целей и ограничений. Определение проблемной ситуации, получение и анализ информации, необходимой для принятия решения, позволяют на данном этапе сформулировать множество целей. Эти цели выражают желаемый результат деятельности по устранению проблемной ситуации.

Путем анализа и обобщения многих потоков разнородной информации ЛПР выдвигает глобальную цель. Далее глобальная цель детализируется: выделяются подцели – средства достижения исходной цели. Вся рассмотренная совокупность целей явно или неявно записывается как дерево целей, фиксирующее их иерархию, внутренние связи и соподчиненность. Большое значение имеет нахождение количественных характеристик относительной важности целей – приоритетов (весов) целей. Если принимается групповое решение, необходимо выявить цели всех участников. Обоснованной постановке целей могут способствовать долгосрочные прогнозы.

Принятие решения в конкретной проблемной ситуации всегда осуществляется в условиях ограничений: финансовых, материальных, право-

вых, которые необходимо сформулировать лицу, принимающему решение.

5. Построение модели ситуации принятия решения. На данном этапе становятся возможными уточнение исходной проблемной ситуации и реализация попытки построения ее модели.

Далее будет показано, как можно описать ситуации принятия решения с помощью таблиц решения.

6. Формирование альтернатив. Для достижения целей формируется множество решений $Y = (Y_1, Y_2, ..., Y_n)$, из которых должно быть выбрано оптимальное решение Y^*. Нередко в множество решений включается и решение о бездействии, при котором сохраняется проблемная ситуация.

Универсальные методы разработки альтернатив предложить трудно. Только в некоторых случаях модель ситуации принятия решения задает необходимые и достаточные условия для формирования всех вариантов решения. Например, такой моделью является модель перевозок в транспортной задаче.

К сожалению, в практике планирования и управления очень трудно построить модели, которые бы адекватно отражали ситуацию принятия решения. Поэтому такие модели, как правило, служат лишь базой, на которую ориентируется ЛПР, разрабатывая те или иные варианты решения. Возможный способ формирования вариантов решений мы рассмотрели в задаче совершенствования гарантийного обслуживания. Такой способ носит название *морфологического анализа:* когда формулируются признаки, влияющие на вариантность решений, выделяются их возможные значения и перебираются различные комбинации значений признаков.

7. Прогноз альтернатив и их последствий (исходов). Такой прогноз проводится в два этапа. На первом этапе оценивается возможность реализации каждой альтернативы. Суждение основывается на анализе условий в некотором интервале времени до момента осуществления предусмотренных самой альтернативой действий. На втором этапе оценивается возможность последствий каждой альтернативы. Такое суждение зависит не только от внешних условий, но и от действий, обусловленных самой альтернативой. Если это удается, на первом и втором этапах определяются вероятности реализации каждой альтернативы и вероятности их исходов. Качество прогноза можно оценить (апостериорно) по степени соответствия прогноза фактическим результатам и затратам на прогноз.

Для ряда экономических ситуаций методы прогнозирования разработаны довольно хорошо. В литературе встречается более ста методов прогнозирования. Однако многие авторы отмечают, что все эти методы можно свести к двум основным классам: методы экспертизы и методы моделирования.

8. Формирование предпочтений и критериев. Для каждой ситуации S_j $(j = \overline{1, n})$ и решения Y_i $(i = \overline{1, m})$ вводится

функция полезности $f_l\ (S_j,\ Y_i),\ l = \overline{1, L}$, которая оценивает полезность, ценность решения Y_i в ситуации S_j с позиций l-го признака. Функция полезности может быть задана и интегрально – без выделения отдельных признаков, с позиций которых оценивается качество решений или безотносительно к отдельным ситуациям, если проблемная ситуация определена полностью. Функция полезности может быть задана в порядковой шкале, тогда решения лишь упорядочиваются по предпочтению, или в количественной шкале, тогда можно сравнивать, на сколько или во сколько раз одно решение лучше другого.

Выбор оптимального решения Y^* осуществляется ЛПР на основе сформированных предпочтений по критерию выбора К (или критериям), с позиций которого определяется наилучшее решение.

Различные критерии оптимального выбора являются следствием *аксиомы рационального поведения:* ЛПР выбирает решение так, чтобы максимизировать значение функции предпочтения. Формально критерий выбора оптимального решения можно записать так:

$$max_{Y_i} f(Y_i) \Rightarrow Y^*, \qquad (6.3)$$

где Y^* – оптимальное решение; Y_i – i-й вариант решения; $f(Y_i)$ – значение функции предпочтения на i-м варианте, $i = \overline{1, m}$.

Оценка качества вариантов решения с позиций нескольких признаков l приводит к тому, что для каждого варианта решения формируется ряд функций предпочтения $f_l\ (Y_i)$. Соответственно, решением будет тот вариант, который будет наилучшим с позиций всех критериев:

$$f_1\ (Y_i) \to max,\ f_2\ (Y_i) \to max,\ ...,\ f_l\ (Y_i) \to max,\ ...,\ f_L\ (Y_i) \to max. \qquad (6.4)$$

Соответствующую модификацию в запись критерия оптимальности вносит и учет ряда гипотетических проблемных ситуаций.

9. Постановка задачи принятия решения. Все предыдущие этапы были фактически предназначены для того, чтобы на данном этапе поставить задачу принятия решения – задачу выбора оптимального решения. Задача принятия решения индивидуальными ЛПР записывается в виде

$$< S,\ Ц,\ Г,\ Y,\ f,\ K;\ Y^* > \qquad (6.5)$$

в условиях проблемной ситуации S, сформулированных целей $Ц$ и ограничений $Г$ из множества разработанных вариантов решений Y на основе сформированных предпочтений f и критериев K выбрать оптимальное решение Y^*.

Задача принятия решения групповым ЛПР записывается в виде

$$< S,\ Ц,\ Г,\ Y,\ f,\ F(f),\ П;\ Y^* >, \qquad (6.6)$$

где $S,\ Ц,\ Г,\ Y$ – те же самые символы, что и ранее. Каждый член группового ЛПР имеет свою функцию полезности $f_s\ (s = \overline{1, d})$, где d – количество членов в группе. Поэтому функция $f = (f_1,\ f_2,\ ...,\ f_d)$ представляет

собой вектор, в качестве компонент которого выступают функции полезности отдельных членов группового ЛПР. В связи с этим возникает необходимость согласования индивидуальных предпочтений путем построения функции группового предпочтения $F(f)$ на основе определения принципа группового выбора $П$ (группового согласования).

Таким образом, задача принятия решения групповым ЛПР формулируется следующим образом: в условиях проблемной ситуации S, поставленных целей $Ц$ и ограничений $Г$ из множества разработанных вариантов решений Y на основе индивидуальных предпочтений f и построения функции группового предпочтения $F(f)$, руководствуясь принципом группового согласования $П$, выбрать оптимальное решение Y^*.

10. Поиск процедур решения задачи принятия решения. Для решения задачи принятия решения можно использовать самые разнообразные методы теории принятия оптимальных решений, в том числе методы теории игр, линейного, нелинейного, стохастического программирования, статистической теории принятия решений. Однако далеко не все практические задачи могут быть сведены к той или иной классической схеме решения. Поэтому возникает необходимость разработки специальных методов и рекомендаций для выбора оптимального решения в различных ситуациях.

11. Выбор. При наличии метода и алгоритма решения задачи выбор заключается в нахождении решения при помощи выявленных на десятом этапе процедур. В противном случае выбор осуществляется творческим путем на основе сформированных предпочтений и критериев.

12. Возможная корректировка задачи принятия решения. Стремление применить для решения задачи тот или иной математический аппарат нередко приводит к введению в задачу ряда упрощающих допущений, например замене нелинейных связей линейными. В результате может быть получено решение, которое, несмотря на его формальную оптимальность, не устраивает ЛПР. В силу этого возможна корректировка ранее поставленной задачи и возвращение к ряду пройденных этапов.

13. Содержательная интерпретация решения. На этом этапе производится пояснение полученных выводов.

Особенности плановых решений. Важной характеристикой планового решения является его организационно-административный (должностной) уровень. Например, некоторые решения может принимать эксперт, а другие – только начальник отдела.

Ведущую роль при разработке плана играют групповые процессы принятия решений – согласования. В таких процессах возможно возникновение конфликтных ситуаций, требующих своего разрешения. При этом важен "вес" каждого участника, его влияние на формирование альтернатив и критерия.

Алгоритмы выбора наилучшего варианта решения, т.е. алгоритмы принятия плановых решений, фактически не фиксируются. У каждого

плановика обычно есть своя система предпочтений, которой он руководствуется при выборе альтернатив. Способность к ранжированию вариантов достигается благодаря личному опыту работы специалистов. Все это создает некоторую базу для субъективных оценок.

Многоцелевые процессы принятия плановых решений (т.е. решения, направленные на достижение многих целей) с неявным заданием критерия составляют в настоящее время основную массу. От их успешной формализации зависит эффективность функционирования системы человек – машина.

Большинство решений в плановой практике принимается в условиях неопределенности. Поэтому плановик часто учитывает такое количество ограничений, что фактически при их введении заранее предопределяется результат.

Особенности современного производства влияют на характер обработки информации при принятии решений. С ростом автоматизации и внедрением новейших технологий возрастают масштаб и темп производства. Удлиняются цепочки хозяйственных связей и взаимодействий. Соответственно во много раз усложняются потоки экономической информации, которая должна быть переработана при принятии плановых решений.

Как никогда раньше, особенно на высших уровнях управления, каждое решение перерастает локальные рамки непосредственного объекта решения и по своим последствиям является социально-политическим.

Тесное переплетение всех решений, "дальнодействие" их следствий, возможности взаимозаменяемости ресурсов и средств достижения целей – все это предопределяет комплексный характер информации, подлежащей преобразованию в процессе принятия планового решения.

Моделирование вариантов решений. Прежде всего подробно рассмотрим этап формирования множества возможных вариантов решений. Это наиболее ответственный этап, так как выбор оптимального варианта производится именно из этого множества.

При формировании вариантов решений выделяют два типа альтернатив. Первый тип – это принципиально различные варианты решения. Второй тип – решения, характеризующиеся различием параметров, т.е. формулируется одно решение, а варианты получаются за счет перебора возможных числовых значений его параметра (или параметров).

Как правило, количество принципиально различных вариантов решения невелико. Количество вариантов решений, отличающихся числовыми значениями параметров, может быть теоретически бесконечно велико. Практически и в этом случае число вариантов бывает конечным, хотя, возможно, очень большим. Конечность числа вариантов объясняется, во-первых, ограничениями на диапазоны изменения параметров и, во-вторых, целесообразностью рассмотрения дискретных значений параметров.

Рассмотренные два типа вариантов решения обычно сочетаются в практических задачах. Например, формулируется несколько принципиально отличающихся решений и для каждого из них разрабатывается ряд расчетных вариантов.

Этап формирования решений следует за этапом определения целей и ограничений. Правильность и четкость формулировки целей и ограничений определяют направленность и содержание решений.

Этап формирования критериев следует после этапа, который сейчас обсуждается, однако уже здесь понимание критериев выбора вариантов решения может оказаться полезным, поскольку часто критерии дополняют формулировку целей условиями их достижения.

Хотя формирование решений – творческий процесс, трудно поддающийся формализации, тем не менее качество выполнения этого этапа может быть существенно повышено в результате применения экономико-математических методов и моделей. Большую помощь при формировании решений могут оказать так называемые методы творчества типа "мозгового штурма" (когда дискуссия за круглым столом ведется по определенным правилам) или метода Дельфи (открытая дискуссия здесь заменяется опросом экспертов по заранее разработанным анкетам).

Возможные ситуации принятия решения и варианты решений моделируются также с помощью таблиц решений (ТР) [9]. В структуре таблицы решения выделяются (см. табл. 6.3): условия, учитываемые при принятии решения (II раздел); действия, предпринимаемые в результате проверки условий (III раздел); правила решения (по столбцам I и IV разделов), которые показывают, какие действия из числа перечисленных в III разделе выполняются в каждой реальной ситуации, определяемой конкретным сочетанием результатов проверки условий.

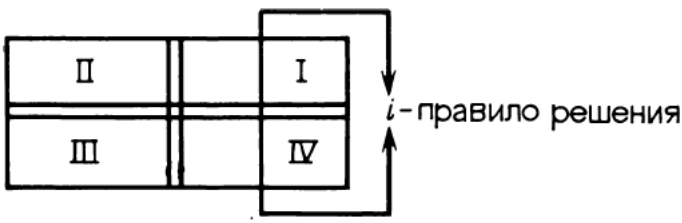

Табл. 6.3.

В наиболее простом случае условия в ТР формулируются таким образом, чтобы их соблюдение регламентировалось ответами "да" ("д") и "нет" ("н") (см. табл. 6.4). Элементы "д" и "н" называются входами условий, их различные перестановки фиксируются в I разделе. Если результат проверки условия не окажет никакого влияния на предпринимаемые в последующем действия, то его входом будет знак безразличия "–". Действия в III разделе также могут быть заданы полностью, так что остается лишь указать, какие из них выполняются в каждой из ситуаций. Однако в качестве входов действий в IV разделе используются другие элементы: "х" означает необходимость выполнения соответствующего действия (или арабские цифры, указывающие последовательность нескольких действий); пробел означает, что действие

Таблица 6.4

Принятие решения о балансировании желаемого и установленного лимитов капитальных вложений в угольную промышленность

Условия	Правила решения				
Действия	1	2	3	4	5
1. Желаемый лимит капитальных вложений больше установленного	д	н	д	д	д
2. Объем капитальных вложений на вновь начинаемое строительство пересмотрен	д	–	н	д	д
3. Объем капитальных вложений на переходящее строительство пересмотрен	д	–	–	д	н
4. Объем капитальных вложений на поддержание достигнутого уровня добычи угля пересмотрен	д	–	–	н	–
1. Составить обоснование на увеличение лимита капитальных вложений	1				
2. Перейти к следующему этапу составления плана		1			
3. Пересмотреть объем капитальных вложений на вновь начинаемое строительство			1		
4. Пересмотреть объем капитальных вложений на поддержание достигнутого уровня добычи угля				1	
5. Пересмотреть объем капитальных вложений на переходящее строительство					1

выполнять не нужно. В этих терминах *любой столбец правой части ТР, состоящий из входов условий и входов действий, и представляет собой правило решения*. В ТР нередко указывают частоты появления отдельных правил решения $(P_j: \Sigma_j P_j = 1)$.

В зависимости от способа заданий условий, действий и их входов различают несколько видов таблиц решений. Выше были рассмотрены так называемые ТР с ограниченным входом, которые приняты за основу, ибо существуют правила приведения любой ТР к такому виду. Разработана методика построения таблиц решений, включающая в себя следующие шаги:

1. Составляется перечень условий, учитываемых при принятии решения, определяется их общее число (m) и выбирается в качестве исходной полная таблица с числом ситуаций 2^m (методика предусматривает предварительное заполнение I раздела, где вводятся различные перестановки элементов "д" и "н" в столбцах длины m).

2. Осуществляется переход к рассмотрению первого условия и соответствующего ему входа первого столбца (I раздел таблицы).

3. Оценивается возможность сочетания первого условия и его входа в первом столбце (в общем случае i-го условия и его входа в j-м столбце). Данный шаг необходим потому, что входы условий были составлены заранее до их анализа совместно с учитываемыми условиями, поэтому сочетание конкретно рассматриваемого условия и соответствующего

ему входа может быть противоречивым. В подобных случаях осуществляется переход к шагу 4, в противном – к шагу 5.

4. Вычеркивается первый столбец *(j)* и все те столбцы, у которых первый вход условий *(i)* имеет то же значение, а следовательно, сочетание его с соответствующим условием противоречиво. Далее осуществляется переход к шагу 11.

5. Определяются номера следующей анализируемой пары (условия и его входа) в первом столбце *(j)*: $i = i + 1$.

6. Устанавливается, все ли входы первого столбца *(j)* были просмотрены. При $i \leqslant m$ повторяется шаг 3, в противном случае – переход к шагу 7.

7. Проверяется, не является ли первый столбец противоречивым, иными словами, анализируется, возможно ли заданное сочетание всех входов условий в совокупности. Если в совокупности входы условий отражают ситуацию, не отвечающую действительности, выполняется шаг 8, в противном случае – шаг 9.

8. Вычеркивается первый столбец и осуществляется переход к шагу 11.

9. Для ситуации, заданной первым столбцом входов условий, составляется перечень действий, выполняемых в процессе принятия решения. Для каждого последующего j $(2 \leqslant j \leqslant 2^m)$ дополняется уже имеющийся перечень действий в III разделе таблицы.

10. Формируются входы действий первого правила решения: действию из III раздела, которое выполняется в данной ситуации, в IV разделе ставится в соответствие элемент "х". Если же таких действий несколько, в качестве входов используют номера N $(N = 1, 2 \ldots)$, указывающие порядок их следования. Если же какое-то действие, записанное в III разделе, для рассматриваемого правила решения не является необходимым, то в IV разделе ему соответствует пробел.

11. Определяются номера условия и столбца для дальнейшего анализа $(i = 1;\ j = i + 1)$.

12. Осуществляется переход к шагу 15, если все столбцы уже просмотрены, в противном случае (при $j \leqslant 2^m$) – к шагу 13.

13. Проверяется, не вычеркнут ли j-й столбец $(j = j + 1)$, который на шаге 11 был рекомендован для последующего анализа (см. шаг 4). Если столбец был вычеркнут, выполняется шаг 14; в противном случае – шаг 3.

14. Осуществляется переход к шагу 15, если рассматриваемый столбец последний $(j = 2^m)$. При $j < 2^m$ выполняется шаг 11.

15. Записываются частоты появления правил решения P_j.

16. Правила решения с одинаковыми действиями объединяются в обобщающее правило. Например, в объединении двух правил

$$\left\{\begin{array}{cc} \text{д} & \text{н} \\ \text{н} & \text{н} \\ + & \\ \text{д} & \text{д} \\ \text{Д}_1 & \text{Д}_1 \end{array}\right\} = \left\{\begin{array}{c} - \\ \text{н} \\ \\ \text{д} \\ \text{Д}_1 \end{array}\right.$$

знак безразличия в обобщающем правиле означает, что результат проверки первого условия не влияет на выполняемые действия.

17. Дополнительно анализируется каждое отдельное правило решения. При этом последовательно оценивается существенность влияния результатов проверки перечисленных условий на предпринимаемые действия. Вход рассматриваемого условия заменяется знаком безразличия ("–"), если при заданных результатах уже проанализированных условий проверка данного условия не влияет на выбор выполняемых в ситуации действий и если различимость полученных правил решения не теряется.

Рассмотрим реализацию приведенного алгоритма на конкретном примере (табл. 6.5) [1].

Таблица 6.5

Принятие решения о балансировании желаемого и установленного лимитов капитальных вложений в угольную промышленность

Перечень условий / Перечень действий	Правила решения и их частоты															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	P_9	P_{10}	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}	P_{15}	P_{16}
1. Желаемый лимит капитальных вложений больше установленного	д	н	д	н			н			д			д		н	
2. Объем капитальных вложений на вновь начинаемое строительство пересмотрен	д	н	н	д			д			д			д		д	
3. Объем капитальных вложений на переходящее строительство пересмотрен	д	н	н	н			д			д			н		д	
4. Объем капитальных вложений на поддержание достигнутого уровня добычи угля пересмотрен	д	н	н	н			д			н			н		н	
1. Составить обоснование на увеличение лимита капитальных вложений	1															
2. Перейти к следующему этапу составления плана		1		1			1								1	
3. Пересмотреть объем капитальных вложений на вновь начинаемое строительство			1													
4. Пересмотреть объем капитальных вложений на поддержание достигнутого уровня добычи угля										1						
5. Пересмотреть объем капитальных вложений на переходящее строительство													1			

[1] Окончательный вид таблицы решения 6.5 представлен таблицей решений 6.4 (в табл. 6.5 вычеркнуты противоречивые ситуации).

Таблица 6.6

Принятие решения о балансировании желаемого и установленного лимитов капитальных вложений в угольную промышленность

Условия	Правила решения				
Действия	1	2	3	4	5
1. Желаемый лимит капитальных вложений больше установленного	д	н	д	д	д
2. Объем капитальных вложений на вновь начинаемое строительство пересмотрен	д	–	н	д	д
3. Объем капитальных вложений на переходящее строительство пересмотрен	д	–	–	д	н
4. Объем капитальных вложений на поддержание достигнутого уровня добычи угля пересмотрен	д	–	–	н	–
1. Составить обоснование на увеличение лимита капитальных вложений	1				
2. Перейти к следующему этапу составления плана		1			
3. Перейти к ТР 6.7			1		
4. Пересмотреть объем капитальных вложений на поддержание достигнутого уровня добычи угля				1	
5. Перейти к ТР 6.9					1

Для описания процессов принятия решения обычно строится иерархия таблиц решений. Объединение отдельных ТР осуществляется с помощью утверждения "Перейти к ...". Например, если в таблице 6.4 действия $Д_3$ и $Д_5$ в свою очередь могут быть описаны в виде таблиц решений, то такие действия заменяются соответствующей командой перехода (см. табл. 6.6–6.9).

Итак, колонки входов условий в I разделе ТР представляют собой не что иное, как возможные ситуации принятия решения, в которых может оказаться ЛПР. Выбранные в каждой ситуации действия (задаются в ТР колонкой входов действий) формируют тот или иной вариант решения.

В таблице решения 6.4 в силу того, что в каждой ситуации выполняется лишь одно действие, в качестве возможных вариантов решения рассматриваются перечисленные в

Таблица 6.7

Принятие решения о пересмотре объема капитальных вложений на вновь начинаемое строительство в угольной промышленности

Условия	Правила решения		
Действия	1	2	3
1. Желаемый лимит капитальных вложений больше установленного	д	д	н
2. Все объекты начинаемого строительства пересмотрены	д	н	–
1. Перейти к ТР 6.6	1		1
2. Упорядочить объекты по степени важности и выбрать наименее значимый среди оставшихся		1	
3. Перейти к ТР 6.8		2	

Таблица 6.8
(продолжение ТР 6.7)

Принятие решения о пересмотре объема капитальных вложений на вновь начинаемое строительство в угольной промышленности

Условия	Правила решения		
Действия	1	2	3
1. Сохранилась ли потребность в угле	д	д	н
2. Стройка новая ("н" означает реконструируемая)	д	н	–
1. Пересмотреть объем капитальных вложений на новый объект и изменить итоги	1		
2. Перейти к ТР 6.7	2	2	2
3. Пересмотреть объем капитальных вложений на реконструируемый объект и изменить итоги		1	
4. Исключить объект из титульных списков и изменить итоги			1

III разделе действия. Таким образом, в табл. 6.4 представлены 5 возможных ситуаций принятия решения и 5 вариантов решения, а также показано, в какой ситуации какой вариант выбран. Если же в каждой ситуации выполняется несколько действий, то вариант решения является комплексным. В этом случае вариант решения не будет совпадать с перечисленными в III разделе действиями. В качестве примера рассмотрим таблицу решения 6.10.

В первой ситуации выбираются действия $Д_4$ и $Д_1$, другими словами, первый вариант решения Y_1 включает в себя действия $Д_4$ и $Д_1$: $Y_1 = \{Д_4, Д_1\}$.

Во второй ситуации выполняются действия $Д_4$ и $Д_2$: выбирается второй вариант решения $Y_2 = \{Д_4, Д_2\}$.

В третьей ситуации выполняется действие $Д_2$: выбирается третий вариант решения $Y_3 = \{Д_2\}$.

В четвертой и пятой ситуациях выбирается также вариант решения $Y_3 = \{Д_2\}$.

Таблица 6.9

Принятие решения о пересмотре объема капитальных вложений на переходящее строительство в угольной промышленности

Условия	Правила решения				
Действия	1	2	3	4	5
1. Желаемый лимит капитальных вложений больше установленного	д	н	д	д	д
2. Временная консервация шахт произведена	д	–	н	д	д
3. Постоянная консервация шахт произведена	д	–	–	н	д
4. Снятие средств без консервации осуществлено	д	–	–	–	н
1. Произвести временную консервацию объектов и изменить итоги			1		
2. Произвести постоянную консервацию объектов и изменить итоги				1	
3. Снять средства без консервации и изменить итоги					1
4. Перейти к ТР 6.6	1	1			

Таблица 6.10

Принятие решения о разработке списка строительства объектов угольной промышленности

Перечень условий	Правила решения							
Перечень действий	1	2	3	4	5	6	7	E*
1. Месторождение имеет требуемую марку угля	д	д	н	д	д	д	д	
2. Степень разведанности территории ≥ С%	д	д	–	н	д	д	д	
3. Величина запасов угля ≥ К	д	д	–	–	н	д	д	
4. Объект оценен относительно выделенной группы факторов	д	д	–	–	–	н	н	
5. Все объекты просмотрены	д	н	–	–	–	д	н	
1. Выбрать лучшую альтернативу из Б (блока альтернатив)	2					3		
2. Рассмотреть следующий объект		2	1	1	1		3	
3. Оценить выбранный объект относительно выделенной группы факторов						1	1	
4. Отправить объект в Б	1	1				2	2	
5. Изменить число ситуаций . . .								1

*E – правило, в соответствии с которым указывается, какие действия необходимо выполнить, если конкретная ситуация не совпадает ни с одной из приведенных в таблице.

В шестой ситуации выбирается вариант решения $Y_4 = \{Д_3, Д_4, Д_1\}$.
В седьмой ситуации выбирается вариант решения $Y_5 = \{Д_3, Д_4, Д_2\}$.
В восьмой ситуации выбирается вариант решения $Y_6 = \{Д_5\}$.

В целом в ТР 6.10 представлены 8 возможных ситуаций принятия решения, 6 вариантов решения, а также указано, в какой ситуации какой вариант решения выбран.

Таким образом, использование таблиц решений для описания процессов принятия решений позволяет накапливать типовые ситуации принятия решений и возможные варианты решений.

6.2. МЕТОДЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Характеристика признаков, влияющих на выбор метода принятия решения. Выбор метода принятия решения определяется множеством признаков, наиболее существенные из которых перечислены ниже.

1. Решение принимается индивидуальным или групповым ЛПР.
2. Решение принимается в условиях определенности, риска или неопределенности.

Определенность: известны все возможные варианты решения (альтернативы) и их последствия или исходы, к которым они приводят, причем каждой альтернативе соответствует вполне определенный исход.

Риск: известны все варианты решения, каждый из которых ведет к одному из возможных исходов, и известны вероятности появления отдельных исходов.

Неопределенность: известны варианты решения и их последствия, но не известны вероятности появления отдельных исходов.

Неопределенность в теории принятия решений не означает полного незнания. В таких ситуациях известны наборы альтернатив и их возможных исходов, но не известны вероятности появления этих исходов. На практике ситуация неопределенности является самой распространенной даже после тщательного изучения всей имеющейся информации.

Почти всегда ситуацию неопределенности переводят в ситуацию риска. Данный подход отвечает способу мышления человека, принимающего решения, который часто вынужден снижать неопределенность своими рассуждениями и оценками.

Если же риск так мал, что им можно пренебречь, или риск значителен, но его трудно или очень дорого оценить, то ситуация принятия решения еще более упрощается, а именно моделирование осуществляется в условиях определенности.

Таким образом, хотя ситуация определенности нереальна для большинства решений, именно эта предпосылка принимается, как правило, при их моделировании.

3. Каким образом задано множество альтернатив (например, перечнем или системой линейных равенств и неравенств, задающих подмножество n-мерного пространства).

4. Какова информация о множестве критериев: являются ли критерии сравнимыми, несравнимыми или частично сравнимыми.

Критерии считаются с р а в н и м ы м и, если между ними существует некоторая связь, позволяющая рассматривать критерии как аддитивные величины. Если связь между критериями проста и оценки удается выразить в единых полезностных единицах, то становится возможным свести несколько критериев в единый. Критерии считаются н е с р а в н и м ы м и, если связь между критериями выявить не удается. Критерии ч а с т и ч н о с р а в н и м ы, если их множество может быть разбито на подмножества сравнимых критериев, а сами эти подмножества несравнимы друг с другом.

В случае сравнимости критериев различают три типа информации о соотношении важности критериев: заданы оценки относительной важности критериев ("веса" критериев); критерии упорядочены; нет никакой информации о соотношении важности критериев.

При известных оценках относительной важности критериев ситуация принятия решения наиболее простая: решение принимается по единому совокупному критерию.

Однако даже в такой простой на первый взгляд ситуации имеются некоторые трудности. В частности, не всегда на практике потеря качества по одному критерию компенсируется избытком качества по другому (а данный подход предусматривает такую компенсацию). Полученное решение, оптимальное в смысле совокупного критерия, может оказаться неприемлемым по ряду частных критериев. Не всегда просто выразить все оценки в единой размерности.

У п о р я д о ч е н н о с т ь на множестве критериев означает, что критерии расположены в порядке убывания (возрастания) их важности. Существуют методы, которые используют данный вид информации о соотношении важности критериев. Упорядоченность критериев может означать и следующее: выделены наиболее важные критерии, а остальные рассматриваются как второстепенные.

Случай отсутствия информации о соотношении важности критериев не эквивалентен случаю несравнимости критериев (мы знаем, что критерии сравнимы, но нужной информацией не располагаем). В такой ситуации либо оценки относительной важности критериев считаются одинаковыми, либо используют некоторую процедуру нахождения весов. Следует отметить, что наличие весов критериев облегчает решение задачи, но вносит в ее решение субъективизм, поскольку веса чаще всего определяются экспертным путем.

5. Каким образом задано предпочтение на множестве альтернатив: например, функция предпочтения задана в количественной или в порядковой шкале (причем упорядоченность множества альтернатив может быть полной или неполной, если не про каждые два элемента можно сказать, что один из них превосходит другой или они эквивалентны).

6. Допускает ли метод принятия решения контакт с ЛПР (как правило, предполагается, что любой метод, если не получены удовлетворительные результаты, может быть "проигран" еще раз при измененной исходной информации, но в общем случае ЛПР может не знать, что и как ему менять для улучшения результата). Методами, предусматривающими контакт с ЛПР, будем называть такие, где диалог определен достаточно четко.

7. Как формулируется конечный результат принятия решения: выбрать единственное оптимальное решение, упорядочить множество альтернатив или выделить подмножество лучших решений.

8. Принимается ли решение в условиях одной проблемной ситуации или нескольких *(n)* проблемных ситуаций.

9. Известны или неизвестны вероятности P_j появления проблемных ситуаций S_j $(j = 1, 2, ..., n)$.

10. Закладывается ли какой-либо принцип в основу выбора (например, ЛПР хочет получить максимум среднего выигрыша, или он рассчитывает на наиболее благоприятную ситуацию – принцип оптимизма, или на самую плохую ситуацию – принцип пессимизма).

11. Какой принцип согласования индивидуальных предпочтений заложен в основу группового выбора (например, принцип большинства или принцип Парето).

Учет всех названных признаков (или ряда из них) и их конкретная реализация в той или иной задаче принятия решения и позволяют выбрать нужный метод принятия решения.

Метод экспертных оценок. Этот метод широко используется в задачах принятия решения [1; 2; 8]. Сущность метода заключается в опросе и обработке мнений экспертов по тем или иным вопросам. Выше уже упоминалось, что эксперты привлекаются на различных этапах ППР. Особенно велика роль экспертов при получении количественных оценок процессов или явлений, не поддающихся непосредственному измерению, – экспертных оценок.

Такие экспертные оценки используются для нахождения вероятностей появления гипотетических проблемных ситуаций, оценок относительной важности целей –

весов целей, оценок компетентности членов группового ЛПР, оценок значимости отдельных критериев, оценок качества вариантов решений и т.д.

При нахождении тех или иных оценок в процессе принятия решения эксперты по существу производят субъективные измерения. Объектами таких измерений могут быть цели – формируются оценки относительной важности целей, веса целей; или эксперты – формируются коэффициенты компетентности экспертов; или варианты решений – формируются оценки качества вариантов и др. Субъективные измерения названных объектов могут быть произведены различными способами, среди которых наиболее распространенными являются: ранжирование, парное сравнение, непосредственная оценка, последовательное сравнение [12].

Ранжирование представляет собой процедуру упорядочения объектов, выполняемую ЛПР или экспертом. На основе своих знаний и опыта ЛПР или эксперт располагает объекты в порядке предпочтения, руководствуясь одним или несколькими признаками сравнения. В зависимости от вида отношений между объектами возможны различные варианты упорядочения объектов.

1. Пусть среди объектов нет одинаковых по сравниваемым признакам, т.е. нет эквивалентных объектов. В этом случае между объектами существует только отношение строгого порядка. В результате сравнения всех объектов по отношению строгого порядка составляется упорядоченная последовательность объектов:

$$O_1 \succ O_2 \succ O_3 \succ \ldots \succ O_m \quad , \tag{6.7}$$

где O_1 – объект с первым номером, наиболее предпочтителен из всех объектов; O_2 – объект со вторым номером, менее предпочтителен, чем O_1, но предпочтительнее всех прочих объектов и т.д. Знак $\succ$ между объектами является знаком предпочтительности.

Полученная система объектов с отношением строгого порядка при условии сравнимости всех объектов по этому отношению образует полный строгий порядок, или серию. Этому порядку, как доказывается в теории измерений, можно поставить в соответствие числовую систему, элементами которой являются действительные числа, связанные между собой отношением неравенства. Это означает, что упорядочению объектов O_i соответствует упорядочение чисел $f(O_i)$:

$$f(O_1) > f(O_2) > \ldots > f(O_m) \tag{6.8}$$

или обратное упорядочение:

$$f(O_1) < f(O_2) < \ldots < f(O_m). \tag{6.9}$$

В практике ранжирования чаще всего применяется числовое представление последовательности объектов в виде натуральных чисел:

$$r_1 = f(O_1) = 1,\ r_2 = f(O_2) = 2, \ldots,\ r = f(O_m) = m. \qquad (6.10)$$

Числа $r_1, r_2, \ldots, r_m$ называются р а н г а м и. Наболее предпочтительному объекту присваивается первый ранг, второму – второй ранг и т.д.

2. Пусть теперь среди объектов есть и эквивалентные. Это означает, что кроме отношения строгого порядка между объектами возможно отношение эквивалентности. Такое упорядочение образует к в а з и п о р я д о к, или к в а з и с е р и ю. Данному порядку объектов, как доказывается в теории измерений, можно поставить в соответствие числовую систему с отношениями неравенства и равенства между числами.

В практике ранжирования объектов, между которыми допускаются как отношения строгого порядка, так и эквивалентности, числовое представление выбирается следующим образом. Наиболее предпочтительному объекту присваивается ранг, равный единице, второму по предпочтению – ранг, равный двум, и т.д. Для эквивалентных объектов удобно (с точки зрения технологии последующей обработки экспертных оценок) назначить одинаковые ранги, равные среднему арифметическому рангов, присваиваемых одинаковым объектам. Такие ранги называются с в я з а н н ы м и р а н г а м и. Удобство использования связанных рангов заключается в том, что сумма рангов m объектов равна сумме натуральных чисел от 1 до m. Это обстоятельство существенно упрощает обработку результатов ранжирования при групповой экспертизе.

При групповом ранжировании каждый s-й эксперт присваивает каждому i-му объекту ранг r_{is}. В результате проведения экспертизы получается матрица рангов $[r_{is}]$ размерности $m \times d$, где d – число экспертов, m – число объектов ($i = 1, 2, \ldots, m;\ s = 1, 2, \ldots, d$).

Удобно представить результаты группового экспертного оценивания в виде табл. 6.11.

Напомним, что ранги объектов определяют только порядок расположения объектов по признакам сравнения. Ранги как числа не дают возможности сделать вывод о том, на сколько или во сколько раз один объект предпочтительнее другого. Достоинством ранжирования как способа

Таблица 6.11

Объекты \ Эксперты	$Э_1$	$Э_2$	...	$Э_s$	...	$Э_d$
O_1	r_{11}	r_{12}	...	r_{1s}	...	r_{1d}
O_2	r_{21}	r_{22}	...	r_{2s}	...	r_{2d}
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
O_i	r_{i1}	r_{i2}	...	r_{is}	...	r_{id}
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
O_m	r_{m1}	r_{m2}	...	r_{ms}	...	r_{md}

субъективного измерения является простота осуществления процедур, недостатком – практическая невозможность упорядочения большого числа объектов. Как показывает опыт, при числе объектов, большем 15–20, эксперты затрудняются в построении ранжировки. Это объясняется тем, что в процессе ранжирования эксперт должен установить взаимосвязь между всеми объектами, рассматривая их как единое целое.

3. Парное сравнение представляет собой процедуру установления предпочтительности объектов при сравнении всех возможных пар. В отличие от ранжирования, в котором осуществляется упорядочение всех объектов, парное сравнение объектов – более простая задача. При сравнении пары объектов возможно либо отношение строгого порядка, либо отношение эквивалентности.

В результате сравнения пары объектов O_i и O_j эксперт упорядочивает эту пару, высказывая, что либо $O_i \succ O_j$, либо $O_j \succ O_i$, либо $O_i \backsim O_j$. Выбор числового представления $f(O_i)$ естественно произвести так: если $O_i \succ O_j$, то $f(O_i) > f(O_j)$, если предпочтение в паре обратное, то знак неравенства заменяется на обратный: $f(O_i) < f(O_j)$. Наконец, если объекты эквивалентны, то естественно положить, что $f(O_i) = f(O_j)$.

В практике парного сравнения чаще всего используется следующее числовое представление:

$$\begin{array}{l} \text{если } O_i \succcurlyeq O_j, \text{ то } f(O_i) = 1; \\ \text{если } O_i < O_j, \text{ то } f(O_i) = 0. \end{array} \qquad (6.11)$$

Результаты сравнения всех пар удобно представить в виде таблицы, в строках и столбцах которой проставляются объекты, а в ячейках таблицы – числовые значения предпочтений. Сравнение объектов во всех возможных парах не дает полного упорядочения объектов. Поэтому возникает задача ранжирования объектов по результатам их парного сравнения. С другой стороны, результаты ранжировки всегда можно представить в виде матрицы парных сравнений.

При групповом экспертном оценивании каждый эксперт записывает результаты парного сравнения в таблице. Таким образом, если в экспертизе, например, участвует 10 человек, то формируется 10 таблиц.

4. Непосредственная оценка представляет собой процедуру приписывания объектам числовых значений в количественной шкале. Каждому объекту эксперт ставит в соответствие точку на определенном отрезке числовой оси. Естественно потребовать, чтобы эквивалентным объектам приписывались одинаковые числа.

Измерения в количественной шкале могут быть осуществлены с достаточной точностью при полной информированности экспертов о свойствах объектов. Эти условия на практике встречаются редко. Поэтому, как правило, для измерения в количественной шкале используют балльные оценки. При этом вместо непрерывного отрезка числовой оси рассматривают участки, для каждого из которых приписывается свой балл. Эксперт, приписывая объекту балл, осуществляет это с точ-

ностью до попадания оценки объекта на определенный участок. Применяют 5-, 10- и 100-балльные шкалы.

5. Последовательное сравнение представляет собой комплексную процедуру измерения, включающую как ранжирование, так и непосредственную оценку. При последовательном сравнении эксперт выполняет следующие операции:

осуществляет ранжирование объектов;

производит непосредственную оценку объектов на отрезке [0,1], полагая, что оценка первого в ранжировке объекта равна единице, т.е. $f(O_1) = 1$;

решает, будет ли первый объект превосходить по значимости все остальные объекты, вместе взятые. Если да, то эксперт увеличивает значение числовой оценки первого объекта так, чтобы она стала больше суммы числовых оценок остальных объектов, т.е. $f(O_1) > \Sigma_{i=2}^{m} f(O_i)$. В противном случае изменяет величину $f(O_1)$ так, чтобы она стала меньше, чем сумма оценок остальных объектов;

решает, будет ли второй объект предпочтительнее, чем все последующие вместе взятые объекты, и изменяет $f(O_2)$ так, как это описано для $f(O_1)$ (учитывая, что $f(O_1)$ должна остаться наибольшей оценкой);

продолжает операцию сравнения последующих объектов и изменяет числовые оценки этих объектов в зависимости от предпочтения.

При рассмотрении метода экспертных оценок можно выделить следующие основные организационные вопросы: подбор экспертов, проведение опроса, обработка результатов опроса.

Более подробно остановимся на характеристике наиболее часто используемых методов обработки информации, полученной от экспертов. Рассмотрим случаи, когда оценки отдельных экспертов заданы в количественной или порядковой шкале.

1. *Оценки экспертов заданы в количественной шкале.*

1.1. f_{is} – оценка i-го объекта s-м экспертом $(i = \overline{1,m})$, $(s = \overline{1,d})$; w_s – оценка компетентности s-го эксперта; $\Sigma_{s=1}^{d} w_s = 1$ – оценки нормированы;

$$f_i = \Sigma_{s=1}^{d} w_s f_{is} \tag{6.12}$$

– групповая оценка i-го объекта.

1.2. f_{is}^{j} – оценка i-го объекта s-м экспертом в j-й ситуации; w_s – оценка компетентности s-го эксперта, $\Sigma_{s=1}^{d} w_s = 1$ – оценки нормированы; P_j – вероятность появления j-й ситуации, $\Sigma_{j=1}^{n} P_j = 1$;

$$f_i = \Sigma_{s=1}^{d} \Sigma_{j=1}^{n} w_s P_j f_{is}^{j} \tag{6.13}$$

– групповая оценка i-го объекта, усредненная по ситуациям.

1.3. f_{is}^{lj} – оценка i-го объекта s-м экспертом в j-й ситуации по l-му признаку; w_s – оценка компетентности s-го эксперта, $\Sigma_{s=1}^{d} w_s = 1$; P_j – вероятность появления j-й ситуации, $\Sigma_{j=1}^{n} P_j = 1$; $З_l$ – оценка значимости l-го признака, $\Sigma_{l=1}^{L} З_l = 1$;

$$f_l = \Sigma_{s=1}^{d} \Sigma_{j=1}^{n} \Sigma_{l=1}^{L} w_s P_j \mathcal{Z}_l f_{is}^{lj} \qquad (6.14)$$

– групповая оценка i-го объекта, усредненная по ситуациям и отдельным признакам. Коэффициенты значимости также могут быть получены экспертным путем.

2. *Оценки экспертов заданы в порядковой шкале.*

2.1. f_{is} – оценка i-го объекта s-м экспертом, выраженная в рангах. Каждую ранжировку можно представить в виде матрицы парных сравнений с элементами x_{ik}^{s} $(i, k = \overline{1,m};\ s = \overline{1,d})$. Связь переменных x_{ik}^{s} с переменными f_{is} выражается отношением

$$x_{ik} = \begin{cases} 1, \text{если } f_{is} \leqslant f_{ks}; \\ 0, \text{если } f_{is} > f_{ks}, \end{cases} \qquad (6.15)$$

где f_{ks}, f_{is} – ранги, присваиваемые k-му и i-му объектам s-м экспертом.

Если имеется d экспертов, то каждый эксперт дает свою ранжировку, которой соответствует матрица парных сравнений. Таким образом, количество матриц парных сравнений равно числу экспертов.

Введем расстояние D – метрику между матрицами парных сравнений, которое будем вычислять по формуле

$$D_{sq} = \Sigma_{i,\ k=1}^{m} \mid x_{ik}^{s} - x_{ik}^{q} \mid (s, q = \overline{1,d}), \qquad (6.16)$$

где D_{sq} – расстояние между матрицами парных сравнений s и q экспертов; x_{ik}^{s} – элемент матрицы парных сравнений s-го эксперта; x_{ik}^{q} – элемент матрицы парных сравнений q-го эксперта. Смысл этого выражения состоит в том, что расстояние между матрицами парных сравнений определяется числом поразрядных несовпадений всех значений элементов матриц.

Используя эту метрику, определим ранжировку, отвечающую мнению группы, как такую матрицу парных сравнений, которая наилучшим образом согласуется с матрицами парных сравнений, получаемыми из ранжировок отдельных экспертов. Понятие наилучшего согласования на практике чаще всего определяют как м е д и а н у, т.е. как такую матрицу парных сравнений, сумма расстояний от которой до всех матриц парных сравнений, получаемых от экспертов, является минимальной:

$$[x_{ik}^{*}] \Leftarrow min_{J_{ik}} \Sigma_{s=1}^{d} \Sigma_{i,\ k=1}^{m} \mid x_{ik}^{s} - x_{ik} \mid. \qquad (6.17)$$

Покажем, что построение матрицы парных сравнений, соответствующей медиане, осуществляется по принципу большинства голосов экспертов для каждого элемента матрицы. Модуль разности булевых переменных равен либо единице, либо нулю. Поэтому модуль разности равен квадрату этой разности. Следовательно, вместо верхнего выражения можно записать:

$$min_{x_{ik}} \Sigma_{s=1}^{d} \Sigma_{i,\ k=1}^{m} (x_{ik}^{s} - x_{ik})^2.$$

Возводя члены в круглой скобке в квадрат и учитывая, что квадрат булевой переменной равен самой переменной, получаем

$$min_{x_{ik}} \Sigma_{s=1}^{d} \Sigma_{i,k=1}^{m} (x_{ik}^{s} - 2x_{ik}^{s} x_{ik} + x_{ik}).$$

Суммируя сначала по индексу s и вводя обозначение

$$\Sigma_{s=1}^{d} x_{ik}^{s} = a_{ik},$$

получаем:

$$min_{x_{ik}} \Sigma_{i,k=1}^{m} (\Sigma_{s=1}^{d} x_{ik}^{s} - 2x_{ik} \Sigma_{s=1}^{d} x_{ik}^{s} + dx_{ik}) =$$

$$= min_{x_{ik}} \Sigma_{i,k=1}^{m} (a_{ik} - 2a_{ik} x_{ik} + dx_{ik}) =$$

$$= min_{x_{ik}} [\Sigma_{i,k=1}^{m} a_{ik} - 2 \Sigma_{i,k=1}^{m} x_{ik} (a_{ik} - \frac{d}{2})].$$

Первая сумма в квадратной скобке не зависит от x_{ik}. Поэтому для нахождения x_{ik}, которые минимизируют всю сумму в квадратной скобке, достаточно рассмотреть лишь вторую сумму и найти x_{ik}, которые ее минимизируют:

$$max_{x_{ik}} \Sigma_{i,k=1}^{m} x_{ik} (a_{ik} - \frac{d}{2}). \qquad (6.18)$$

Переменные x_{ik} могут принимать значения 0 и 1. Максимум этой суммы будет достигаться при следующем правиле решения:

$$x_{ik}^{*} = \begin{cases} 1 \text{ при } a_{ik} \geqslant \frac{d}{2} \\ 0 \text{ при } a_{ik} < \frac{d}{2} \end{cases}. \qquad (6.19)$$

Напоминаем, что d – количество экспертов; $a_{ik} = \Sigma_{s=1}^{d} x_{ik}^{s}$ – количество голосов, поданных экспертами за предпочтение i-го объекта k-му объекту. Поэтому в медианной матрице парных сравнений в соответствии с этим правилом решения i, k-й элемент равен единице, т.е. принимается, что $O_i \succ O_k$, если не меньше половины экспертов высказались за это предпочтение.

Таким образом, элементы медианной матрицы определяются по принципу большинства голосов.

Возможны и другие случаи: оценки экспертов заданы в порядковой шкале, вводятся коэффициенты компетентности экспертов.

2.2. Оценки экспертов заданы в порядковой шкале, имеются коэффициенты компетентности экспертов и вероятности появления ситуаций.

2.3. Оценки экспертов заданы в порядковой шкале по отдельным признакам в различных ситуациях. Известны коэффициенты компетентности экспертов, вероятности появления ситуаций, коэффициенты относительной значимости признаков. Во всех этих случаях можно ввести аналогичное случаю 2.1 правило получения элементов медианной матрицы по принципу большинства.

Методы принятия решений. К наиболее часто используемым методам принятия решения относятся следующие [3; 4; 6; 7; 10; 13].

1. *Метод взвешенных средних.* Применяется при следующем сочетании признаков, влияющих на выбор: решение принимается индивидуальным ЛПР в условиях определенности. Множество альтернатив представлено перечнем. Критерии принятия решения сравнимы, имеются веса

критериев. Функция предпочтения задана в количественной шкале. Нет контакта с ЛПР. Требуется найти наилучшее решение в условиях одной проблемной ситуации S.

Предполагается, что различные функции предпочтения удается выразить в единых полезностных единицах и, используя веса критериев, характеризующие их относительную значимость P_l, построить единый критерий оптимальности:

$$\Sigma_{l=1}^{L} p_l f_l(Y_i) D \max_{Y_i}, \tag{6.20}$$

Оптимальным считается тот вариант решения, который обеспечивает максимальное значение обобщенной функции предпочтения:

$$\Sigma_{l=1}^{L} p_l f_l(Y_i).$$

2. *Метод взвешенных средних, предусматривающий контакт с ЛПР.* Используется при следующем сочетании признаков, влияющих на выбор: решение принимается индивидуальным ЛПР в условиях определенности. Множество альтернатив задано подмножеством n-мерного пространства в виде линейных неравенств. Решение принимается с учетом нескольких критериев, которые сравнимы между собой, причем имеются веса критериев. Функции предпочтения заданы в количественной шкале. Требуется найти наилучший вариант решения в условиях одной проблемной ситуации.

Итак, задача принятия решения выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} f_1(Y) \to \max_Y, f_2(Y) \to \max_Y, \ldots, f_l(Y) \to \max_Y, \ldots, f_L(Y) \to \max_Y; \\ AY \leqslant B; \\ Y \geqslant O. \end{cases} \tag{6.21}$$

Составляется единый критерий оптимальности $\Sigma_{l=1}^{L} p_l f_l(Y) \to \max_Y$ и реализуются следующие этапы.

2.1. Проводится поочередная оптимизация по каждому из критериев – формируется вектор оптимальных оценок $\mathbf{Z}_1$:

$$\mathbf{Z}_1 = \begin{bmatrix} \max_Y f_1(Y) \\ \max_Y f_2(Y) \\ \vdots \\ \max_Y f_l(Y) \\ \vdots \\ \max_Y f_L(Y) \end{bmatrix}. \tag{6.22}$$

2.2. Проводится оптимизация по единому критерию $\Sigma_{l=1}^{L} p_l f_l(Y) \to \max_Y$ и находится решение Y_1, которому соответствуют следующие значения критериев, образующие вектор $\mathbf{f}(\mathbf{Y}_1)$:

$$f(Y_1) = \begin{bmatrix} f_1(Y_1) \\ f_2(Y_1) \\ \vdots \\ f_l(Y_1) \\ \vdots \\ f_L(Y_1) \end{bmatrix}. \qquad (6.23)$$

2.3. Перед ЛПР ставится вопрос: все ли компоненты вектора $\mathbf{f}(\mathbf{Y}_1)$ (все ли критерии) имеют удовлетворительное значение – сравнивают векторы $\mathbf{Z}_1$ и $\mathbf{f}(\mathbf{Y}_1)$. Если да, то вектор $\mathbf{Y}_1$ – решение. В случае ответа "нет" ЛПР указывает критерий f_l с наименее удовлетворительным значением, а также величину Δ^l такую, что при $f_l \geqslant \Delta^l$ критерий f_l имеет удовлетворительное значение.

2.4. Определяется новая область допустимых решений:

$$\begin{cases} AY \leqslant B; \\ Y \geqslant 0; \\ f_l \geqslant \Delta^l, \end{cases} \qquad (6.24)$$

в которой ищется новый вектор оптимальных значений $\mathbf{Z}_2$ – повторяется этап 2.1.

2.5. ЛПР спрашивают: "Является ли допустимым переход от вектора $\mathbf{Z}_1$ к $\mathbf{Z}_2$?" В случае ответа "нет" его просят изменить значение Δ^l для критерия f_l и определить порог $\Delta_1^l < \Delta^l$. Далее повторяется этап 4 – ищется вектор оптимальных значений $\mathbf{Z}_3$ в области

$$\begin{cases} AY \leqslant B; \\ Y \geqslant 0; \\ f_l \geqslant \Delta_1^l. \end{cases} \qquad (6.25)$$

Наши действия на данном этапе приводят к выбору некоторого компромиссного значения $\overline{\Delta}^l$, которому соответствует такой вектор оптимальных значений, который устраивает ЛПР. В этом случае переходят к этапу 2.6.

2.6. Для области

$$\begin{cases} AY \leqslant B; \\ Y \geqslant 0; \\ f_l \geqslant \overline{\Delta}^l \end{cases} \qquad (6.26)$$

проводится оптимизация по единому критерию

$$f(Y) = \Sigma_{l=1}^{L} p_l f_l(Y) \to max,$$

которая приводит к решению $\mathbf{Y}_2$ и соответствующему вектору $\mathbf{f}(\mathbf{Y}_2)$:

$$\mathbf{f}(\mathbf{Y}_2) = \begin{bmatrix} f_1(Y_2) \\ f_2(Y_2) \\ \vdots \\ f_l(Y_2) \\ \vdots \\ f_L(Y_2) \end{bmatrix}. \qquad (6.27)$$

ЛПР спрашивают: "Все ли компоненты вектора $\mathbf{f}(\mathbf{Y}_2)$ имеют удовлетворительное значение?" В случае "да" решение найдено. В случае ответа "нет" повторяют процедуру, начиная с этапа 2.3 (называют неудовлетворительную компоненту вектора $f(Y_2)$.

3. *Метод лексикографической оптимизации*. Применяется при следующем сочетании признаков, влияющих на выбор: решение принимается индивидуальным ЛПР в условиях определенности. Множество альтернатив задано перечнем. Решение принимается по нескольким критериям; критерии сравнимы и упорядочены. Функции предпочтения заданы в количественной шкале. Нет контакта с ЛПР. Требуется выделить подмножество лучших решений в условиях одной проблемной ситуации S.

Процедура нахождения решения сводится к следующим этапам.

3.1. Все критерии располагаются в порядке убывания их важности: $f_1(Y) \succ f_2(Y) \succ \ldots \succ f_l(Y) \succ \ldots \succ f_L(Y)$.

3.2. Ищется решение по критерию $f_1(Y) \to max$. В общем случае решением будет некоторое подмножество $Y^1 \subset Y$.

3.3. Из подмножества Y^1 выбирают лучшие варианты по критерию $f_2(Y) \to max_Y$ и т.д.

Подмножество Y^L является подмножеством лучших решений.

Данный метод не всегда дает решение, поскольку уже при оптимизации по первому критерию мы можем получить единственное решение, а не подмножество. В этом случае оптимизация по $f_2(Y)$ и по всем последующим критериям не имеет смысла.

4. *Метод уступок*. Используется при следующем сочетании признаков, влияющих на выбор: решение принимается индивидуальным ЛПР в условиях определенности. Множество альтернатив задано перечнем. Решение принимается по нескольким сравнимым, упорядоченным критериям. Функции предпочтения заданы в количественной шкале. Предусматривается контакт с ЛПР. Требуется выделить подмножество лучших решений в условиях одной проблемной ситуации.

Процедура нахождения решения сводится к следующим этапам.

4.1. Все критерии располагаются в порядке убывания их важности: $f_1(Y) \succ f_2(Y) \succ \ldots \succ f_l(Y) \succ \ldots \succ f_L(Y)$.

4.2. Ищется решение по критерию $f_1(Y) \to max_Y$. В общем случае решением будет некоторое подмножество. Затем ЛПР просят определить некоторую уступку по первому критерию Δf_1 для того, чтобы полнее учесть прочие критерии. Тогда подмножество Y^1 лучших решений по пер-

вому критерию определится следующим образом: в Y^1 входят все те варианты, которые доставят первому критерию оптимальное значение минус некоторая уступка Δf_1:

$$Y^1 = \left\{ Y_i : f_1(Y_1) = max_Y f_1(Y_i) - \Delta f_1 \right\}. \quad (6.28)$$

4.3. Ищется решение по критерию $f_2(Y) \to max$ на множестве Y^1. Затем ЛПР просят определить некоторую уступку по второму критерию Δf_2 для того, чтобы полнее учесть прочие критерии. Тогда подмножество Y^2 определяется следующим образом: в Y^2 входят все те варианты из Y^1, которые доставят второму критерию оптимальное значение минус некоторая уступка Δf_2:

$$Y^2 = \left\{ Y_i : f_2(Y_i) = max_{Y^1} f_2(Y_i) - \Delta f_2 \right\}, \quad (6.29)$$

и т.д., пока не просмотрим все критерии.

5. *Метод принятия решения индивидуальным ЛПР с использованием принципа максимума среднего выигрыша*. Применяется при следующем сочетании признаков, влияющих на выбор: решение принимается индивидуальным ЛПР в условиях определенности, когда имеется множество проблемных гипотетических ситуаций принятия решения $S = (S_1, S_2, ..., S_j, ..., S_n)$ с известными вероятностями их появления $P = (P_1, P_2, ..., P_j, ..., P_n)$. Множество альтернатив задано перечнем $Y = (Y_1, Y_2, ..., Y_i, ..., Y_m)$. На множестве ситуаций и решений определена функция предпочтения, оценивающая качество каждого решения в каждой ситуации $f(Y_i, S_j) = f_{ij}$. Требуется найти решение, используя принцип максимума среднего выигрыша для случаев, когда f_{ij} может быть задана в порядковой или количественной шкале.

Поставим в соответствие каждому i-му варианту решения коэффициент α_i. Эти коэффициенты определяются значениями функции предпочтения и вероятностями ситуаций. Алгоритмы вычисления коэффициентов α_i будут рассмотрены отдельно для количественных и качественных шкал.

Чем больше коэффициент α_i, тем более предпочтительным является соответствующее ему решение. Используя коэффициенты решений, критерий максимума среднего выигрыша представим в виде

$$max_{\alpha_i} (\alpha_1, \alpha_2, ..., \alpha_i, ..., \alpha_m). \quad (6.30)$$

Номер наибольшего коэффициента определяет номер решения, которое является оптимальным.

5.1. Если функция предпочтения задается в количественной шкале, то коэффициенты решений вычисляются как сумма взвешенных вероятностями ситуаций значений функции предпочтения:

$$\alpha_i = \Sigma_{j=1}^{n} P_j f_{ij} \ (i = \overline{1, m}). \quad (6.31)$$

5.2. Функция предпочтения задана в порядковой шкале. Пусть имеется n ситуаций принятия решения S_j, $j = \overline{1, n}$. Заданы вероятности появле-

ния ситуаций P_j, $\Sigma_{j=1}^{n} P_j = 1$. В каждой ситуации ЛПР ранжирует варианты решений Y_i, $i = \overline{1, m}$. Результаты ранжирования представлены рангами, которые и являются в данном случае значениями функции предпочтения f_{ij}.

На основе ранжирования вариантов решения в каждой ситуации j ($j = \overline{1, n}$) строится матрица парных сравнений с элементами x_{ik}^{j}, $i, k = \overline{1, m}$, пользуясь следующими соотношениями:

$$x_{ik}^{j} = \begin{cases} 1 \text{ при } f_{ij} \leqslant f_{kj}; \\ 0 \text{ при } f_{ij} > f_{kj}. \end{cases} \tag{6.32}$$

Итак, от n ранжировок вариантов решений в заданных ситуациях принятия решения переходим к n матрицам парных сравнений. Затем формируются элементы b_{ik} обобщенной матрицы по формуле

$$b_{ik} = \Sigma_{j=1}^{n} P_j x_{ik}^{j} \ (i, k = \overline{1, m}), \tag{6.33}$$

где b_{ik} – взвешенная сумма i, k-элементов всех матриц парных сравнений, причем весами служат вероятности появления ситуаций.

Коэффициенты решений α_i вычисляются по формуле

$$\alpha_i = (\Sigma_{k=1}^{m} b_{ik}) / (\Sigma_{i,k=1}^{m} b_{ik})$$

и могут быть уточнены при проведении ряда шагов по их вычислению по формуле

$$\alpha_i^{t} = (\Sigma_{k=1}^{m} b_{ik} \alpha_k^{t-1}) / (\Sigma_{i,k=1}^{m} b_{i,k=1} \alpha_k^{t-1}), \tag{6.34}$$

где $t = 1, 2, \ldots$ – номер шага приближения. На шаге 1, т.е. при $t = 1$, как раз и получается та формула, которая упоминалась выше. Процесс приближения обычно завершается тогда, когда значения коэффициентов α_i^{t} стабилизируются.

6. *Метод принятия решения индивидуальным ЛПР с использованием принципа пессимизма.* Применяется при следующем сочетании признаков, влияющих на выбор: решение принимается индивидуальным ЛПР в условиях определенности, когда имеется множество проблемных гипотетических ситуаций принятия решения $S = (S_1, S_2, \ldots, S_j, \ldots, S_n)$, однако вероятности их появления неизвестны. Множество альтернатив задано перечнем $Y = (Y_1, Y_2, \ldots, Y_m)$. На множестве ситуаций и решений определена функция предпочтения, оценивающая качество каждого решения Y_i в каждой ситуации S_j – $f(Y_i, S_j) = f_{ij}$. Требуется найти решение, используя принцип пессимизма для случаев, когда f_{ij} может быть задана в порядковой или количественной шкале.

Каждому решению Y_i в каждой ситуации S_j приписывается коэффициент α_{ij}, тогда критерий выбора оптимального решения с использованием принципа пессимизма можно записать в виде

$$max_i\ min_j\ \alpha_{ij}, \tag{6.35}$$

где α_{ij} – коэффициенты решений Y_i, алгоритм расчета которых зависит от того, в какой шкале задана функция предпочтения.

6.1. Функция предпочтения задана в количественной шкале. В данном случае коэффициенты решений α_{ij} совпадают со значениями функции предпочтения:

$$f_{ij}:\ \alpha_{ij} = f_{ij}\ (i = \overline{1, m};\ j = \overline{1, n}). \tag{6.36}$$

Таким образом, критерий выбора оптимального решения переписывается в виде

$$max_i\ min_j\ f_{ij}. \tag{6.37}$$

6.2. Функция предпочтения задана в порядковой шкале. Если значения функции предпочтения представлены в виде матрицы парных сравнений, то коэффициенты решений α_{ij} вычисляются по формуле

$$\alpha_{ij} = (\Sigma_{k=1}^{m}\ x_{ik}^{j})\ /\ (\Sigma_{i,\,k=1}^{m}\ x_{ik}^{j}), \tag{6.38}$$

где x_{ik}^{j} – i, k-й элемент матрицы парных сравнений вариантов решений в j-й ситуации.

Если предварительно функция предпочтения была задана в рангах, то от ранжировок в каждой ситуации к матрицам парных сравнений переходят по формуле (6.32). При необходимости коэффициенты решений α_{ij} можно уточнить, проведя ряд расчетных итераций по формуле

$$\alpha_{ij}^{t} = (\Sigma_{k=1}^{m}\ x_{ik}^{j}\ \alpha_{kj}^{t-1})\ /\ (\Sigma_{i,\,k=1}^{m}\ x_{ik}^{j}\ \alpha_{kj}^{t-1}), \tag{6.39}$$

где t – номер шага расчета. При $t = 1$, т.е. на шаге 1, данная формула совпадает с ее простейшей интерпретацией, приведенной выше. Обычно расчеты α_{ij}^{t} заканчивают тогда, когда значения коэффициентов стабилизируются.

Использование критерия $max_i\ min_j\ \alpha_{ij}$ позволяет найти оптимальное решение.

7. *Метод принятия решения групповым ЛПР с использованием принципа Парето* применяется при следующем сочетании признаков, влияющих на выбор: решение принимается групповым ЛПР в условиях определенности и одной проблемной ситуации S. Множество альтернатив представлено перечнем $Y = (Y_1, Y_2, ..., Y_i, ..., Y_m)$. Заданы значения функции предпочтения каждого s-го члена группового ЛПР $f_s(Y_i)$, $s = 1, ..., d$ в количественной или порядковой шкале. Требуется определить подмножество лучших решений, используя в качестве принципа согласования предпочтений отдельных членов группового ЛПР принцип Парето.

В соответствии с принципом Парето один вариант решения предпочитается другому, если вектор, составленный из функций предпочтения

членов группового ЛПР для одного решения, не хуже, чем тот же вектор предпочтения для другого решения. Следовательно, Y_i предпочтительнее Y_k, если

$$[f_1(Y_i), f_2(Y_i), ..., f_d(Y_i)] \geqslant [f_1(Y_k), f_2(Y_k), ..., f_d(Y_k)]. \qquad (6.40)$$

Записанное соотношение является векторным отношением "не хуже". Выполнение этого отношения означает, что все члены группы оценили решение Y_i не хуже Y_k, и по крайней мере один член группового ЛПР высказался за строгое предпочтение решения Y_i решению Y_k. Формально это условие можно записать в виде неравенств:

$$\begin{aligned} f_s(Y_i) &\geqslant f_s(Y_k) \ (s, q = \overline{1, d};\ s \neq q); \\ f_q(Y_i) &> f_q(Y_k) \ (i, k = \overline{1, m};\ i \neq k). \end{aligned} \qquad (6.41)$$

Для случая порядковых шкал, когда значения функции предпочтения выражены в рангах, неравенства имеют противоположный знак.

Вариант Y_i является оптимальным по Парето, если при его сопоставлении с любым другим вариантом Y_k выполняются выше указанные неравенства. Однако на практике единственное оптимальное решение, как правило, найти не удается. На основе использования принципа Парето формируется чаще всего множество лучших решений (являющееся подмножеством исходного множества вариантов). Такое множество лучших решений называют также множеством эффективных решений, или множеством недоминируемых решений, или множеством Парето.

Множество эффективных решений обладает следующими свойствами: любые два эффективных решения являются недоминирующими по отношению друг к другу; для любого решения, не принадлежащего множеству эффективных решений, найдется по крайней мере одно эффективное решение, которое его доминирует.

Перечисленные свойства множества эффективных решений приводят к следствию: *оптимальное решение находится среди эффективных решений*.

Итак, мы рассмотрели лишь очень незначительное количество методов принятия решения. Введение в число условий, которые определяют выбор того или иного метода принятия решения других признаков или других реализаций уже названных признаков помимо приведенных, требует модификации уже известных методов или разработки новых методов принятия решения. Так, например, насчитывают 12 модификаций метода принятия решения групповым ЛПР с использованием принципа большинства. Для эффективного использования методов принятия решений процедуру идентификации нужного метода ПР можно организовать с помощью набора таблиц решений, содержащих различные признаки.

Сама же реализация того или иного метода, как правило, эффективна при организации диалога ЛПР с ЭВМ. Пример автоматизации процедур выполнения ряда методов принятия решения приведен в [7].

Литература к главе 6

1. Бешелев С. Д., Гурвич Ф. Г. Экспертные оценки в принятии плановых решений. М.: Экономика, 1976.
2. Бешелев С. Д., Гурвич Ф. Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. М.: Статистика, 1980.
3. Вентцель Е. С. Исследование операций. М.: Советское радио, 1972.
4. Вилкас Э. И., Майминас Е. З. Решения: теория, информация, моделирование. М.: Радио и связь, 1981.
6. Евланов Л. Н. Основы принятия управленческих решений. М.: Академия народного хозяйства, 1979.
7. Евланов Л. Г. Теория и практика принятия решений. М.: Экономика, 1984.
8. Евланов Л. Г., Кутузов В. А. Экспертные оценки в управлении. М.: Экономика, 1978.
9. Кравченко Т. К. Процесс принятия плановых решений. М.: Экономика, 1974.
10. Ларичев О. И. Наука и искусство принятия решений. М.: Наука, 1979.
11. Рекомендации по подготовке и сравнительной оценке решений в задачах управления качеством продукции. М.: ВНИИС, 1973.
12. Черчмен У., Акоф Л. Введение в исследование операций. М.: Наука, 1968.
13. Экенроде Р. Т. Взвешенные многомерные критерии // В сб.: Статистическое измерение качественных характеристик / Под ред. Е. М. Четыркина. М.: Статистика, 1972.

Глава 7

ИМИТАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ

Определение и основные понятия. Систематическое и целенаправленное изучение поведения реально существующего объекта посредством экспериментирования с ним часто невозможно. В этом случае исследователи экспериментируют с упрощенными моделями объектов. В технике, например, для этой цели создаются физические модели, практически полностью сохраняющие структуру и свойства изучаемого объекта, – уменьшенные копии самолетов, гидроэлектростанций и т.п. Такие модели можно назвать *физическими имитационными моделями*. Здесь термин "имитация" означает "подражание", а имитационными моделями называют модели, "подражающие" поведению объекта.

Появление мощных ЭВМ дало возможность строить не только физические, но и математические модели (в виде систем программ на ЭВМ), описывающие поведение технических объектов во внешней среде, например процессы обтекания самолета воздушным потоком. Численные эксперименты с такими моделями позволили исследовать поведение иногда и не созданного еще объекта в широком диапазоне внешних условий.

Когда для экономических объектов (предприятий, цехов, участков) стали строиться математические модели, с которыми можно было проводить численные эксперименты, этот класс экономико-математических моделей получил название *имитационных*, а методы построения и численного экспериментирования с моделями стали называть *имитационным моделированием*.

Прежде чем дать более точное определение этого класса моделей и пояснить некоторые особенности их функционирования, рассмотрим пример построения имитационной модели простой экономической системы, относящейся к классу систем массового обслуживания, а именно автозаправочной станции. Процесс обслуживания клиентов состоит в простейшем случае в отпуске некоторого количества топлива определенного сорта. На рис. 7.1 заправочные агрегаты обозначены буквами M_ν и M_u, индексы ν и u относятся к разным агрегатам, которые могут различаться производительностью. Для простоты рассматриваются только два агрегата, в общем случае их число может быть гораздо больше.

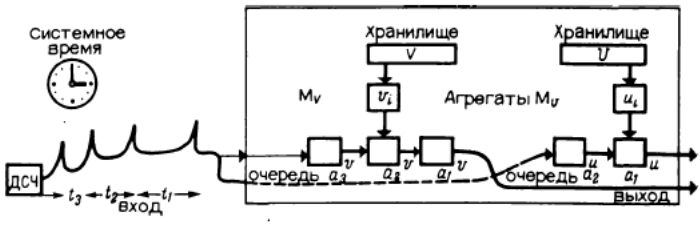

Рис. 7.1. Структура простейшей имитационной модели

Предположим, что мы поставили задачу выбора в каком-то смысле наилучшей структуры нашего экономического объекта, а именно: хотим узнать, сколько агрегатов надо поставить, какая у них должна быть производительность, каков должен быть оптимальный объем емкостей-хранилищ (U, V) и т.п. Безусловно, все эти характеристики будут прежде всего зависеть от того, какие требования к этой системе массового обслуживания предъявляет поток автомобилей (клиентов). В этой связи для построения модели и проведения на ней экспериментов необходимо изучение характеристик этого потока, называемого также потоком заявок. Поток заявок представляет собой некоторую последовательность случайных событий, состоящих в появлении очередного автомобиля. Схематически моменты появления очередного автомобиля изображены в левой части рис. 7.1 всплесками на временной оси. Здесь t_1, t_2, t_3 и т.д. – интервалы времени между событиями. При моделировании этого процесса на ЭВМ используются специальные программы, генерирующие появление случайных событий – так называемые датчики случайных чисел. С этой целью на рис. 7.1 введено обозначение ДСЧ.

Чтобы понять, как построена имитационная модель, мы опишем, как она работает и каким способом отражаются в ней реальные процессы и события.

Время в модели называется системным временем (это подчеркивает циферблат часов в левой части рис. 7.1). Функционирование модели протекает в этом искусственном времени, что обеспечивает появление событий в надлежащем порядке и с надлежащими временными интервалами. Хотя компоненты реального объекта функционируют одновременно (например, идет одновременная заправка двух автомобилей), компоненты имитационной модели действуют всегда последовательно, так как в ЭВМ в каждый момент времени обрабатывается лишь один элемент системы [4]. Поскольку в различных частях реального объекта могут происходить одновременные события, постольку необходим некий механизм задания времени для синхронизации действий всех компонентов системы.

В имитационном моделировании используются два основных метода задания времени. Первый – метод фиксированного шага (интервала времени). При этом отсчет системного времени ведется через заранее определенные временные интервалы Δt постоянной длины. В этом случае изменение состояния системы, появление каких-то событий может происходить только в момент перехода к следующему моменту времени, а все события, происходящие внутри Δt, относятся к концу текущего такта.

Второй метод – это метод переменного шага, или шага до следующего события. В этом случае наша программа (модель) "оживает" в момент появления очередного события, а интервалы между ними могут быть, конечно, не одинаковыми. Системное время получает добавку на "истинную" величину приращения, т.е. на Δt_1 или Δt_2, или Δt_3 и т.д.

Проследим теперь работу нашей модели. Датчик случайных чисел выдал сигнал о появлении очередного автомобиля. Программа прежде всего выясняет, есть ли свободный агрегат или все они заняты. В нашем случае они заняты и к каждому из них есть очередь. Программа ставит автомобиль в очередь в зависимости от принятого нами правила – к любому агрегату или к тому, где длина очереди меньше. В это время другая программа моделирует обслуживание автомобиля, который стоял в голове очереди после того как, например, агрегат M_V освободился. Программа "задерживает" его на интервал времени, равный времени обслуживания, подсчитывает стоимость обслуживания. Из хранилища V "вычитается" количество v_i топлива, пошедшего на заправку нашего автомобиля. После этого автомобиль удаляется из системы, исчезает. Программа "продвигает" всю очередь на один автомобиль, очередная машина ставится на обслуживание.

Наши "системные часы" все время работают, отмечая, сколько времени каждый автомобиль затрачивает на ожидание в очереди, сколько на обслуживание. Таким же образом моделируется работа второго агрегата M_U.

Есть определенное соответствие между реальным и системным временем – второе, естественно, течет существенно быстрее. Таким образом, сутки, например, работы реальной системы могут моделироваться на ЭВМ в течение нескольких секунд. Это свойство и используется для проведения вариантных экспериментов на модели.

После очередного "прогона" модели на ЭВМ программа подсчитывает такие обобщающие характеристики работы нашей системы, как среднюю длину очереди, среднее время ожидания, прибыль, рентабельность этого предприятия и др.

Изменив значения управляющих параметров (например, производительность агрегатов), мы снова можем запустить программу и изучить, как изменится поведение нашего объекта. "Проигрывая" множество различных вариантов работы нашего небольшого экономического объе-

кта, мы осуществляем тот самый эксперимент с ним (точнее, с его моделью), о котором шла речь в определении имитационного моделирования. В данном случае мы проводили эксперимент с системой, не задаваясь каким-то критерием оптимальности, а одновременно оценивая ее качество сразу по нескольким показателям, так как варианты могут отличаться прибылью, рентабельностью, средним временем ожидания и др. Исследователь сам принимает решение о том, какой вариант в конкретных условиях следует считать лучшим. Это является характерной чертой имитационных моделей, в которых упор делается на изучении функционирования объекта.

Такая исследовательская задача диктует определенные приемы и методы построения самих моделей. В частности, если позволяет размерность изучаемой системы, стараются идти по пути прямого описания ее элементов и взаимосвязей между ними. Так сделано в вышеприведенном примере, где машинная программа с высокой степенью подобия проследила все события, происходящие в реальной системе.

Напротив, "неимитационные" модели, как правило, построены на принципах косвенного описания экономического объекта [1]. К моделям такого класса можно отнести модели линейного и вообще математического программирования, модели межотраслевого баланса и т.д. Во всех случаях модель не является структурно подобной моделируемому объекту. Аналитические зависимости между переменными моделями могут не отражать (и чаще всего не отражают) реальные технологические или экономические зависимости между исследуемыми переменными. Модели, основанные на косвенном описании, представляют собой формальную конструкцию, которую удобно анализировать известными математическими средствами. Так, симплекс-метод, например, – это математический алгоритм, не отражающий последовательность и логику поиска оптимального плана реальной экономической системы (отрасли, предприятия).

Наряду с двумя рассмотренными выше подходами (прямого и косвенного описания экономического объекта) нередки случаи, когда основные взаимосвязи между элементами системы моделируются "напрямую", однако функционирование самого элемента моделируется "косвенным" способом (например, с помощью производственных функций). Что же в таком случае можно считать главным в определении имитационных моделей?

В связи с тем, что в отечественной литературе нет единого мнения относительно термина "имитационное моделирование", приведем несколько трактовок этого понятия. Авторы работы [2] считают, что сама эта неопределенность не случайна, поскольку "вряд ли есть признаки, по которым имитационные модели можно однозначно выделить из всей совокупности экономико-математических моделей". Помогают лишь интуитивные соображения авторов. Так в [3] имитацией называется "проведение на ЭВМ численных экспериментов с моделями сложных систем", близкое определение дается и в [4].

В работе [6] дается похожее определение, но в нем более четко обоснована

авторская позиция. Имитацией здесь называется "управляемый эксперимент с моделью системы", "реализованной на ЭВМ". Эксперимент состоит в "прогонах" или испытании модели на ЭВМ, а управление заключается в изменении исходных данных, значений управляющих параметров (для экономических объектов это могут быть цены, ставки зарплаты, нормативы отчислений в бюджет и т.д.), а также в изменении самой модели.

Итак, в широком смысле с имитационными моделями связывают любые модельные конструкции, позволяющие анализировать поведение сложных систем на ЭВМ. К основным признакам таких моделей относят точное воспроизведение изучаемого процесса, поэтому они могут включать в себя много разнохарактерных блоков, в том числе балансовых, оптимизационных и т.д. [2].

Организация имитационного эксперимента предполагает постоянное взаимодействие человека и вычислительной машины.

Исходя из основных задач имитационные модели можно объединить в следующие группы.

В первую группу входят модели обучения управленческого персонала, включая специальные деловые игры, позволяющие обучать лиц, принимающих решения (ЛПР), правильно ориентироваться в обстановке и условиях, максимально приближенных к экономической реальности [7 – 9].

Вторая группа объединяет модели, предназначенные для использования в процессе оперативного планирования и управления конкретными предприятиями, объединениями, в том числе в составе автоматизированных систем управления [8].

Третья группа имитационных моделей и целых систем моделей создается для изучения поведения экономических объектов, будь то предприятие или народное хозяйство в целом, в ситуациях, не встречающихся в реальности, либо в ситуациях, которые могут возникнуть при переходе к измененной системе планирования и хозяйственного механизма. Это так называемые исследовательские модели, цель их создания как раз и состоит в том, чтобы проводить экспериментальный анализ не на реальной экономической системе, а на ее модельном аналоге. Это тем более необходимо потому, что чаще всего широкомасштабные эксперименты в реальной экономике либо затруднены, либо невозможны.

Сюда же можно отнести модели процесса составления плана, в том числе процесса согласования плановых решений. Кроме того, эти модели создаются в расчете на сочетание формальных методов со знаниями и опытом практических работников, что должно способствовать их внедрению в практику планирования и управления.

Языки имитационного моделирования. Примеры народнохозяйственных моделей. Анализ имитационных моделей показал, что многие из них описывают процессы, функционально сходные между собой. Указанное обстоятельство привело многих исследователей почти одновременно к идее создания специализированных языков имитационного моделирования.

В своем развитии эти языки прошли ряд стадий: от простейших языков (типа ассемблера) с некоторыми специальными свойствами до более широких проблемно-ориентированных языков [4]. Для целей имитации подходит любой язык программирования, но языки, специально созданные для имитации на ЭВМ, обладают рядом преимуществ: снижают трудоемкость написания программы; обеспечивают гибкость, необходимую для изменения программы; обеспечивают возможность различать элементы одного класса по их характеристикам и свойствам и др.

К языкам имитационного моделирования предъявляются также и специфические требования: способность генерировать случайные числа; возможность "продвигать" время либо на одну единицу, либо до следующего события; способность накапливать входные данные; способность проводить статистический анализ накапливаемых данных и другие.

Среди используемых сейчас специализированных языков можно назвать СИМСКРИПТ, СИМУЛА, GPSS, GASP и другие [3; 5]. Один из главных недостатков, присущих имитационному моделированию, – большая трудоемкость написания машинных программ и их отладка. Построение моделей объектов более сложных, чем тот, что приведен в виде примера выше, – процесс трудный и длительный. Исследователи применяют различные приемы для его облегчения. Использование языков – один из них.

Второй прием, облегчающий разработку имитационных моделей, – использование модульного принципа их построения. В этом случае модель создается из отдельных функциональных блоков, модулей, так что в случае каких-то изменений в модели нет необходимости переписывать всю программу целиком – достаточно заменить отдельный модуль.

Приведем пример имитационной модели, построенной на модульном принципе. Эта модель имитации процесса разработки народнохозяйственного плана, в котором происходит согласование спроса и предложения на рынке потребительских товаров [2; 5]. Модель состоит из блоков, имитирующих процесс производства в отраслях народного хозяйства, выбора товаров населением и согласования отраслевых планов со спросом со стороны населения (см. рис. 7.2). Эта модель является имитационной в широком смысле, так как отдельные блоки модели используют такие приемы косвенного описания, как модели межотраслевого баланса, модели спроса и т.д. Однако структура модели такова, что в ней выделяется достаточное количество управляющих параметров, меняя которые исследователь может проводить эксперимент.

Еще одна ее особенность обусловлена специфической целью, которую поставили перед собой ее создатели. Она состоит в том, что эксперимент должен проходить в диалоговом режиме, т.е. ответ на вопрос "Что будет, если значения параметров будут такими-то ?" ЭВМ должна давать быстро. Поскольку модель была реализована на ЭВМ ограниченной мощности – WANG-2200, пришлось для сохранения возможности диалога с машиной пойти на существенное упрощение самой модели.

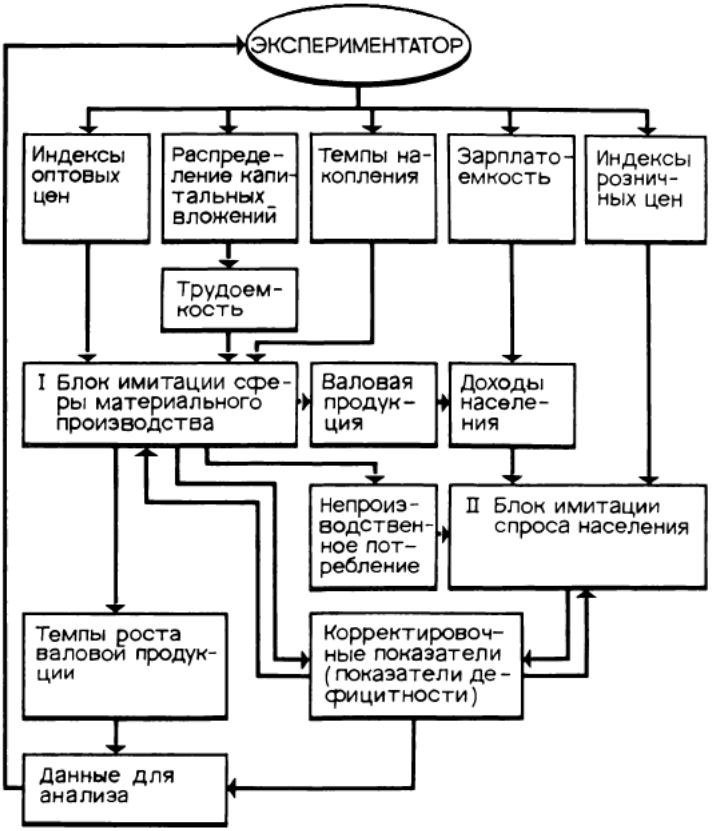

Рис. 7.2. Функциональная схема системы согласования спроса и предложения

Производственный блок системы представлен моделью статического межотраслевого баланса с дополнительными ограничениями на трудовые ресурсы:

$$\bar{X}_t = A\bar{X}_t + \bar{N}_t + \bar{C}_t\,; \qquad (\bar{l}_t, \bar{X}_t) = \bar{L}_t, \tag{7.1}$$

где $\bar{X}_t$ – вектор выпуска отраслей в году t, A – матрица коэффициентов прямых затрат; $\bar{N}_t$ – вектор фонда накопления и $\bar{C}_t$ – вектор фонда потребления по отраслям в году t; $\bar{l}_t$ – вектор трудоемкости в отраслях

в году t; $\bar{L}_t$ – трудовые ресурсы в году t;

$$N_i^t = N_i^{t-1} + \Delta N_i^t;$$
$$C_i^t = (C_i^{t-1} + \lambda C_i^{t-1})\,\pi_i^{t-1} \quad (i = \overline{1,n}), \tag{7.2}$$

где ΔN_i^t – прирост фонда накопления i-й отрасли в году t; λ – темп увеличения фонда потребления, который принят одинаковым для всех отраслей; π_i^{t-1} – показатель дефицитности продукта отрасли i в году $(t-1)$, т.е. отношение спроса со стороны населения на этот продукт к предложению этой отрасли;

$$\pi_i^{t-1} = Z_i^{t-1} / S_i^{t-1}, \tag{7.3}$$

где Z_i^{t-1} – спрос на продукт i-й отрасли в году $(t-1)$, S_i^{t-1} – предложение i-й отрасли в году $(t-1)$.

Таким образом, в этой модели осуществлена обратная связь между потреблением и производством, так как показатель дефицитности текущего года (если он больше единицы) увеличивает фонд потребления следующего года на соответствующую величину.

Блок имитации спроса населения в качестве ядра использует функции спроса с ограничениями по бюджету.

Население максимизирует на множестве предлагаемых благ (множестве продуктов наших отраслей) некоторую функцию полезности при бюджетном ограничении:

$$V(\bar{Z}, \bar{\pi}) \to \max \tag{7.4}$$
$$\text{при } \Sigma_{s=1}^{S} Z_S = I,$$

где S – индекс продукта, $s = \overline{1, S}$ (индекс года опущен); Z_S – спрос, т.е. сумма денег, которую население готово потратить на продукт S; I – полный доход данной группы населения; $\bar{\pi}$ – вектор показателей дефицитности.

Найдя спрос на каждый из продуктов (как функцию от дохода и показателя дефицитности), можно затем подсчитать вектор показателей дефицитности, соответствующий планируемому фонду потребления, доходу населения и заданному критерию спроса (т.е. функции $V(\bar{Z}, \bar{\pi})$). Показывается, что в принципе можно приблизить π_i к единице (т.е. согласовать спрос и предложение), изменяя направление капиталовложений на расширение мощностей соответствующей отрасли либо изменяя цену на ее продукт.

Модель функционирует следующим образом. Экспериментатор (см. рис. 7.2) имеет возможность задавать темпы накопления, распределение капитальных вложений по отраслям и индексы оптовых цен. Кроме того, входными данными для производственного блока являются:

фонд накопления, который рассчитывается по предыдущему году и темпу накопления; трудоемкость, технико-экономические данные (коэффициенты затрат и пр.), демографический прогноз; показатели дефицитности. В результате работы блока рассчитываются валовая продукция отраслей и непроизводственное потребление по отраслям.

Во втором блоке определяются прежде всего показатели дефицитности, когда по запланированным фондам потребления, доходам населения, рассчитанным по запланированной валовой продукции, ставкам зарплаты и ожидаемому спросу населения (экспертная оценка) рассчитываются показатели дефицитности во всех отраслях, имеющих фонды потребления. Если рассчитанные показатели дефицитности не совпадают с показателями, которые учитывались при планировании, т.е. запланированный фонд потребления не удовлетворяет спрос населения, в системе изменяется показатель дефицитности и модель многоотраслевой системы (блок I) пересчитывается. Если рассчитанные показатели совпали с плановыми, то переходят к расчетам на следующий год.

Описанная модель в расширенном варианте может служить основой при создании инструмента для исследования последствий принимаемых решений на высшем уровне многоотраслевой системы. Она дает наборы плановых траекторий, из которых эксперт должен отбирать те, которые отвечают целям плана.

Литература к главе 7

1. Данилов-Данильян В.И., Толмачев И.Л., Шуршалов В.В. Об имитационном моделировании систем с развивающейся структурой // В сб. Системные исследования. Ежегодник, 1979. М.: Наука, 1980.
2. Багриновский К.А., Мовшович С.М., Овсиенко Ю.В., Петраков Н.Я. Методологические проблемы имитационного моделирования хозяйственного механизма // Экономика и математические модели. Т. XVI. Вып. 5. 1980.
3. Нейлор Т. Машинные эксперименты с моделями экономических систем. М.: Мир, 1975.
4. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. М.: Мир, 1978.
5. Имитационное моделирование экономических систем. М.: Наука, 1978.
6. Яковлев Е.И. Машинная имитация. М.: Наука, 1975.
7. Комаров В.Ф. Управленческие имитационные игры в АСУ. Новосибирск: Наука, 1979.
8. Ефимов В.М., Комаров В.Ф. Введение в управленческие имитационные игры. М.: Наука, 1980.
9. Гидрович С.Р., Сыроежин И.М. Игровое моделирование экономических процессов. М.: Экономика, 1976.
10. Крупенина Г.А., Мовшович С.М., Овсиенко Ю.В. Двухуровневая имитационная модель народного хозяйства. Препринт. Москва; ЦЭМИ АН СССР, 1977.
11. Всесоюзный семинар "Деловые игры и их программное обеспечение" (тезисы докладов). М.,1979.
12. Житков В.А., Лейбкинд Ю.Ф., Пресняков В.Ф., Салтыков Б.Г., Ясин Е.Г. К проблеме моделирования хозяйственного механизма в системе комплексного планирования // Экономика и математические методы. Вып. 5. 1980. Т. XVI.
13. Геронимус Ю.В. О некоторых аспектах применения и конструирования имитационных моделей // Экономика и математические методы. Вып. 3. 1982. Т. XVIII.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 3

Глава 1. Создание и развитие АСПР 6
1.1. Итоги и основные направления развития АСПР 6
1.2. Основные направления дальнейшего развития АСПР 17
1.3. Методы описания процесса разработки плана в условиях АСПР 26
1.4. Роль, место и функции экономико-математических моделей в АСПР 35
Литература к главе 1 42

Глава 2. Задачи прямой обработки данных 44
2.1. Характеристика задач прямой обработки данных 44
2.2. Задачи прямой обработки данных, обеспечивающие автоматизацию технологии сводного народнохозяйственного планирования 46
2.3. Задачи обработки данных, используемые в сводно-функциональном планировании 49
2.4. Задачи обработки данных комплекса нормативно-балансовых расчетов 55
Литература к главе 2 61

Глава 3. Экономико-статистические модели 62
3.1. Основные понятия математической статистики 62
3.2. Характеристика основных видов экономико-статистических моделей 74
3.3. Практически освоенные экономико-статистические модели 92
Литература к главе 3 110

Глава 4. Балансовые модели 111
4.1. Балансовый метод и балансовые модели 111
4.2. Принципы и методы построения балансовых моделей межотраслевых связей 115
4.3. Практически освоенные межотраслевые модели 139
4.4. Центральный комплекс задач АСПР Госплана СССР 151
Литература к главе 4 163

Глава 5. Оптимизационные экономико-математические модели и методы 165
5.1. Характеристика оптимизационных моделей и методов 165
5.2. Методологические основы применения оптимизационных моделей 178
5.3. Практически освоенные оптимизационные модели 186
Литература к главе 5 193

Глава 6. Модели и методы принятия решений 194
6.1. Моделирование процессов принятия решений 194
6.2. Методы принятия решений 213
Литература к главе 6 229

Глава 7. Имитационные модели 230
Литература к главе 7 238

М54 **Методы** и модели АСПР: итоги и перспективы/ Безруков В.Б., Кравченко Т.К., Мацнев Д.А. и др.; Под ред. В.Б.Безрукова, Т.К.Кравченко. – М.: Экономика, 1989. – 239 с. – ISBN 5 – 282 – 00674 – X

В книге обобщается опыт использования методов и средств АСПР в прямых плановых расчетах к различным разделам государственных планов. Наряду с освоенными на практике экономико-математическими методами и моделями рассматриваются новые методы и модели, которые еще только предстоит встроить в реальную технологию планирования в процессе развития АСПР в двенадцатой пятилетке и в перспективе до 2000 года.

Для специалистов плановых органов, их институтов, вычислительных центров, разработчиков АСПР и других АСУ, а также для студентов и аспирантов экономических вузов и факультетов.

0605010202 – 216
М ——————— КБ – 3 – 106 – 89 ББК 65.9(2)23
011(01) – 89

Научная

Безруков Владимир Борисович,
Кравченко Татьяна Константиновна,
Мацнев Дмитрий Алексеевич и другие

МЕТОДЫ
И МОДЕЛИ
АСПР
итоги
и перспективы

Зав. редакцией *А.С.Воронин*
Мл. редактор *А.М.Урвачева*
Худож. редактор *Е.А.Ильин*
Техн. редактор *А.В.Кузюткина*
Корректор *Л.Д.Сысоева*
Оформление художника *И.Загурного*

ИБ № 3027

Сдано в набор 27.09.88. **Подписано в печать** 07.02.89 г. А-01926. **Формат** 60 x 88$^{1}/_{16}$. Бумага кн.-журнальная. Гарнитура Пресс-Роман. Офсет. Усл.печ.л. 14,70 усл. кр.-отт. Уч.-изд.л. 16,79. **Тираж** 2600 экз. Зак. 632. Цена 3 р. 30 к. Изд. № 6694.

Издательство „Экономика",
121864, Г-59, г. Москва, Бережковская наб, 6.

Типография им. Котлякова издательства „Финансы и статистика" Государственного комитета СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли, 195273, Ленинград, ул. Руставели, 13.